



TESIS (RC 14-2501)

**ANALISIS DAMPAK *DELAY* YANG TERJADI
PADA *RUNWAY*, *APRON* DAN RUANG
UDARA TERHADAP OPERASIONAL PESAWAT
(STUDI KASUS: BANDARA INTERNASIONAL JUANDA)**

LAILA FATCHIYAH
NRP 3115 206 004

DOSEN PEMBIMBING:
Ir. Ervina Ahyudanari, ME., Ph.D.

PROGRAM MAGISTER
MANAJEMEN DAN REKAYASA TRANSPORTASI
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017



THESIS (RC 14-2501)

**ANALYSIS THE IMPACT OF *DELAY* ON
RUNWAY, APRON AND AIRSPACE TO
AIRCRAFT OPERATIONS
(CASE STUDY: JUANDA INTERNATIONAL AIRPORT)**

LAILA FATCHIYAH
NRP 3115 206 004

SUPERVISOR:
Ir. Ervina Ahyudanari, ME., Ph.D.

MASTER PROGRAM
MANAGEMENT AND TRANSPORTATION ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING
INSTITUTE TECHNOLOGY SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017

LEMBAR PENGESAHAN

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (M.T)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:

LAILA FATCHIYAH
NRP. 3115206004

Tanggal Ujian : 16 Januari 2017
Periode Wisuda : Maret 2017

Disetujui oleh :



1. Ir. Ervina Ahyudanari, ME., Ph.D.
NIP. 19690224 199512 2 001

(Dosen Pembimbing)



2. Ir. Hera Widyastuti, MT., Ph.D.
NIP. 19600828 198701 2 001

(Dosen Penguji I)



3. Dr. Machsus, ST., MT.
NIP. 19730914 200501 1 002

(Dosen Penguji II)

an. Direktur Program Pascasarjana,
Asisten Direktur Program Pascasarjana



Prof. Dr. Ir. Tri Widajaja, M.Eng.
NIP. 19601202 198701 1 001

**ANALISIS DAMPAK *DELAY* YANG TERJADI PADA
RUNWAY, APRON DAN RUANG UDARA TERHADAP
OPERASIONAL PESAWAT
(STUDI KASUS: BANDARA INTERNASIONAL JUANDA)**

Nama mahasiswa : Laila Fatchiyah
NRP : 3115206004
Pembimbing : Ir. Ervina Ahyudanari, M.E., Ph.D.

ABSTRAK

Dari tahun ke tahun, Bandara Internasional Juanda mengalami peningkatan baik dari jumlah penumpang, barang dan pergerakan pesawat. Selama 5 tahun terakhir rata-rata pertumbuhan jumlah penumpang sebesar 7,7% per tahun, pertumbuhan jumlah kargo 2,3% per tahun dan pertumbuhan jumlah pergerakan pesawat 6,3% per tahun. Bandara Internasional Juanda memiliki Gedung terminal 1 memiliki 6,5 juta penumpang/tahun dan gedung terminal 2 dengan kapasitas 6 juta penumpang/tahun.

Jumlah penumpang, barang dan pergerakan pesawat diperkirakan akan terus meningkat dan berdampak langsung pada kemampuan kapasitas bandara dalam melayani permintaan lalu lintas udara. Kapasitas merupakan ukuran penting keefektifan suatu bandara. Bandara Internasional Juanda memiliki satu *runway* yang melayani sekitar 35-40 pesawat/jam. Kondisi seperti ini membuat antrian pesawat di darat, dalam hal ini pesawat yang akan *take off* menjadi lama dan semakin panjang. Begitu juga kondisi di udara menyebabkan pesawat harus berputar-putar sebelum bisa melakukan *landing*. Hal tersebut menjadi salah satu penyebab permasalahan pemborosan bahan bakar pesawat (avtur) dan penjadwalan pesawat yang tidak optimal yang mengakibatkan penundaan (*delay*). *Delay* mengakibatkan menurunnya produktivitas baik dari penumpang maupun maskapai pesawat.

Hasil menunjukkan bahwa pada perhitungan kapasitas eksisting *runway* sebanyak 44 pergerakan pesawat terjadwal pada saat peak hour hanya terdapat 33 pesawat selama 1 jam dengan rata-rata *delay* 29 menit. Simulasi menggunakan software arena, *delay* yang terjadi untuk kedatangan pesawat bervariasi menit dari 0,6 menit sampai 4,2 menit dan *delay* yang terjadi untuk keberangkatan bervariasi dari 0,8 menit hingga 19 menit. Konsumsi bahan bakar A320 untuk antrian 1 sampai 4 pesawat bervariasi antara 67,56 lb hingga 270,26 lb. Sedangkan konsumsi bahan bakar B737-500 untuk antrian 1 sampai 4 pesawat bervariasi antara 131,31 lb hingga 525,26 lb.

Kata kunci: sisi udara, delay penerbangan, simulasi, kapasitas runway

ANALYSIS THE IMPACT OF *DELAY* ON RUNWAY, APRON AND AIRSPACE TO AIRCRAFT OPERATIONS (CASE STUDY: JUANDA INTERNASIONAL AIRPORT)

Name : Laila Fatchiyah
NRP : 3115206004
Supervisor : Ir. Ervina Ahyudanari, M.E., Ph.D.

ABSTRACT

Year by year, Juanda International Airport has increased both the number of passengers, cargo and aircraft movements. Over the last 5 years average the number of passenger growth of 7.7% per year, the number of cargo growth of 2.3% per year and 6.3% growth in aircraft movements per year. Juanda International Airport has terminal building 1 with a capacity of 6.5 million passengers/year and the terminal building 2 with a capacity of 6 million passengers/year.

Number of passengers, cargo and aircraft movements are expected to increase and have a direct impact on the ability of airport capacity in the airport air traffic demand. Capacity is an important measure of the effectiveness of an airport. Juanda International Airport has one runway that serves about 35-40 aircraft/hour. This condition affect the queue of aircraft on the ground, in this case the aircraft will take off getting longer. On the air space the aircraft will be circling before landing. It became one of the causes of the problems wastage of aircraft fuel and the scheduling of aircraft are not optimal that results in a delay. Delay resulting in reduced productivity of both passengers and airlines.

The results showed that in the calculation of the existing runway capacity as much as 44 scheduled aircraft movements during peak hours there are only 33 aircraft for 1 hour with an average delay of 29 minutes. Simulations using the software arena, delay for arrival varied between 0.6 minutes to 4.2 minutes and delay for departure varied between 0.8 minutes to 19 minutes. Aircraft fuel consumption A320 for the queue 1 to 4 of aircraft varied between 67.56 lb to 270.26 lb. While fuel consumption B737-500 for the queue 1 to 4 of aircraft varied between 131.31 lb to 525.26 lb.

Keywords: *airside, flight delay, simulation, runway capacity*

KATA PENGANTAR

Tertulis segala syukur dan hormat penulis rangkaikan kepada Allah SWT, Dia Dzat yang selalu penulis kagumi sastraNya, Dzat yang menghidupkan penulis, dan melancarkan semua urusan penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan rangkaian tesis ini yang berjudul “ANALISIS DAMPAK *DELAY* YANG TERJADI PADA *RUNWAY*, *APRON* DAN *RUANG UDARA* TERHADAP OPERASIONAL PESAWAT (STUDI KASUS: BANDARA INTERNASIONAL JUANDA)” dengan lancar beserta beberapa kekurangan dan kelebihanannya.

Penulis sangat sadar bahwa dalam segala penulisan tesis ini tidak terlepas dari uluran, arahan dan bimbingan dari berbagai pihak baik langsung maupun tidak langsung. Sehingga penulis berucap terima kasih banyak kepada:

1. Kedua orang tua yang tidak henti-hentinya mendoakan, memberikan dukungan baik moril maupun materi untuk anak semata wayangnya sehingga tesis ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. Ibu Ir. Ervina Ahyudanari, M.E., Ph.D. ibu peri baik hati yang cantik luar dalam, selaku dosen pembimbing tesis yang senantiasa meluangkan waktu, mendengarkan keluh kesah, memberikan wawasan, membimbing dan mengarahkan sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan baik.
3. Ibu Ir. Hera Widyastuti, MT., Ph.D. selaku dosen wali yang baik hati untuk meluangkan waktu, membantu kelancaran tugas, membimbing dan mengarahkan sehingga tesis ini dapat terselesaikan dengan baik.
4. Bapak Dr. Ir. Hitapriya Suprayitno, M.Eng. selaku dosen penguji proposal tesis dan Bapak Dr. Machsus, ST., MT. selaku dosen penguji tesis yang telah memberikan arahan, kritik yang membangun sehingga tesis ini dapat terselesaikan.
5. Segenap dosen dan staff Program Pascasarjana Teknik Sipil ITS yang mendidik, memberikan ilmu, pengalaman serta atas segala pelayanan yang diberikan.

6. Muhammad Ashvin Mubarrak best partner kesayangan, yang meluangkan waktu, selalu mengusahakan yang terbaik, menemani saat senang dan sedih, memberikan motivasi, semangat, dan doa yang tak henti-henti sehingga tesis ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu.
7. Teman-teman MRT ITS 2015 (Mbak Juliet, Mbak Nina, Mbak Fitri, Mbak Cito, Verdy, Adit, Ilham, Taufik, Mas Reski dan Mas Lizar). Teman yang senantiasa saling memberikan semangat, dukungan, bantuan, dan selalu ceria apapun beban tugas kita. Love you gengs.
8. Best partner Navilah dan Riri serta teman-teman CSSMoRA ITS Hilya, Rithar, Fazar, Kak Mansur dan semua yang selalu mendoakan, memberi semangat agar tesis ini terselesaikan dengan baik.
9. Laboratorium Komputasi dan Optimasi Jurusan Teknik Industri ITS, terimakasih untuk semua mahasiswa yang telah memberikan tutorial simulasi.
10. Kakak senior dan adek junior Teknik Sipil ITS, terimakasih atas semua bantuannya.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih sangat jauh dari kesempurnaan. Penulis mengharapkan saran yang membangun demi kesempurnaan tesis ini. Selanjutnya akhir kata *“Setiap Ketidakmungkinan, Ada Allah Yang selalu Memungkinkan”* semoga tesis ini bisa bermanfaat baik sebagai bacaan maupun referensi.

Surabaya, Januari 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah.....	7
1.3. Tujuan Penelitian.....	7
1.4. Manfaat Penelitian.....	8
1.5. Ruang Lingkup Penelitian	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1. Fasilitas Sisi Udara Bandara.....	11
2.1.1. Komponen Fasilitas Sisi Udara.....	11
2.1.2. Fungsi Fasilitas Sisi Udara	12
2.2. Proses Pergerakan Pesawat.....	13
2.2.1. Proses Keberangkatan Pesawat.....	16
2.2.2. Proses Kedatangan Pesawat.....	17
2.2.3. Proses <i>Ground Handling</i>	18
2.3. Runway.....	19
2.3.1. Kapasitas <i>Runway</i>	19
2.3.2. <i>Runway Occupancy Time</i> (ROT).....	21
2.3.3. Perhitungan Kapasitas Berkaitan dengan <i>Delay</i>	21
2.3.4. Pengembangan Model Untuk Kedatangan Saja.....	24
2.3.5. Pengembangan Model Untuk Keberangkatan Saja	27
2.3.6. Pengembangan Model-Model Untuk Operasi Campuran Pesawat.....	27

2.3.7. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kapasitas Sistem <i>Runway</i>	30
2.4. Taxiway.....	31
2.4.1. <i>Exit Taxiway</i>	33
2.5. Apron.....	34
2.5.1. Kapasitas <i>Gate Apron</i>	35
2.5.2. Waktu Pemakaian Gate	35
2.6. Sistem Navigasi Transportasi Udara	37
2.6.1. Fasilitas Navigasi di Bandara.....	37
2.6.2. Pemandu Lalu lintas Bandara.....	38
2.6.3. Jenis Pelayanan Pemandu Lalu Lintas Udara	39
2.6.4. Sistem Pendaratan Pesawat	42
2.7. Aturan Pemisahan Pesawat	46
2.8. Karakteristik Pesawat	48
2.9. Perhitungan Bahan Bakar Operasi Pesawat	50
2.10. Delay	51
2.10.2. Faktor Penyebab <i>Delay</i>	53
2.10.3. Hubungan Kapasitas Dan <i>Delay</i>	55
2.11. Metode Perhitungan Peak Hour	55
2.12. Teori Antrian.....	56
2.12.2. Tingkat Kedatangan	57
2.12.3. Tingkat Pelayanan.....	57
2.12.4. Disiplin Antrian	58
2.13. Teori Simulasi	59
2.13.2. Jenis dan Model Simulasi	60
2.13.3. Simulasi Dengan Software ARENA.....	62
2.13.4. Komponen ARENA	62
2.14. Penelitian Terdahulu	64
BAB III METODOLOGI	69
3.1. Lokasi Penelitian.....	69
3.1.1. Spesifikasi Bandara	70
3.1.2. Layout Bandara	70
3.2. Rancangan Penelitian	73

3.2.1. Identifikasi Masalah.....	74
3.2.2. Studi Literatur	75
3.2.3. Pengumpulan Data	75
3.2.4. Perhitungan Kapasitas.....	75
3.2.5. Perancangan Model Simulasi.....	76
3.2.6. Analisis dan Evaluasi.....	82
3.2.7. Kesimpulan	83
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	85
4.1. Perhitungan Eksisting Kapasitas Sisi Udara	85
4.1.1. Penentuan Peak Hour	85
4.1.2. Perhitungan Kapasitas Runway	89
4.2. Simulasi Pergerakan Pesawat	109
4.2.1. Simulasi Menggunakan Data Eksisting	112
4.2.2. Model Simulasi <i>Random number</i>	121
4.3. Delay Masing-Masing Komponen	132
4.4. Pengaruh Delay Terhadap Konsumsi Bahan Bakar	145
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	151
5.1. Kesimpulan.....	151
5.2. Saran	154
DAFTAR PUSTAKA.....	xvi
BIODATA PENULIS.....	xix

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik lalu lintas angkutan udara Bandara Internasional Juanda....	2
Gambar 1.2 Skenario permasalahan delay pada komponen Sisi Udara.....	6
Gambar 2.1. Bagian-bagian sistem bandara untuk suatu bandara yang besar ..	12
Gambar 2.2 Fase Penerbangan.....	14
Gambar 2.3 Fase pergerakan pesawat tipe B737-900.....	16
Gambar 2.4 Proses Keberangkatan Pesawat	17
Gambar 2.5 Proses Kedatangan Pesawat	18
Gambar 2.6 Proses ground handling	18
Gambar 2.7 Kapasitas Runway pada Bandara Utama di Indonesia	20
Gambar 2.8. Konsep diagram waktu dan jarak untuk operasi-operasi campuran pada sistem runway	23
Gambar 2.9 Diagram waktu-jarak untuk jarak antar kedatangan merapat	25
Gambar 2.10 Diagram waktu-jarak untuk jarak antar kedatangan keadaan merenggang.....	26
Gambar 2.11 Diagram waktu-jarak untuk jarak antarkedatangan, operasi campuran pada suatu sistem runway	29
Gambar 2.12 Sudut exit taxiway (a) sudut exit untuk pesawat kecil, (b) sudut exit 90°, (c) sudut exit untuk pesawat besar	33
Gambar 2.13 Waktu pelayanan kegiatan pesawat di apron	36
Gambar 2.14 Wilayah FIR Indonesia	41
Gambar 2.15 Alur pendaratan pesawat.....	43
Gambar 2.16 Holding Pattern	44
Gambar 2.17 Posisi entry direct.....	45
Gambar 2.18 Posisi entry teardrop	45
Gambar 2.19 Posisi entry paralel	45
Gambar 2.20 Presentase penyebab delay penerbangan	54
Gambar 3.1. Fasilitas Sisi Udara Bandara Internasional Juanda	69
Gambar 3.2 Runway Bandara Internasional Juanda	71
Gambar 3.3 Apron terminal 1	72

Gambar 3.4 Maskapai penerbangan yang dilayani Bandara Internasional Juanda.....	72
Gambar 3.5 Apron terminal 2	73
Gambar 3.6 Flowchart Simulasi Menggunakan Software Arena.....	77
Gambar 3.7 Model konseptual pergerakan pesawat saat keberangkatan dan kedatangan.....	79
Gambar 3.8 Data inputan Kedatangan Pesawat	80
Gambar 3.9 Data input keberangkatan pesawat	81
Gambar 3.10. Flowchart Penyusunan Tesis	84
Tabel 4.1 Rekapitulasi perhitungan <i>peak hour</i> dengan interval 5 menit (lanjutan)	88
Gambar 4.2 Arah runway dominan selama setahun di Bandara Internasional Juanda.....	94
Gambar 4.3 Arah runway dominan Bulan November di Bandara Internasional Juanda.....	94
Gambar 4.4 Time space diagram analysis.....	108
Gambar 4.5 Prosentase campuran pesawat	109
Gambar 4.6 Model arena data eksisting	113
Gambar 4.7 Sub model 1 data eksisting	114
Gambar 4.8 Sub model 2 data eksisting	115
Gambar 4.9 Sub model 3 data eksisting	116
Gambar 4.10 sub model 4 data eksisting	117
Gambar 4.11 Sub model 5 data eksisting	118
Gambar 4.12 Sub model 6 data eksisting	118
Gambar 4.13 sub model 7 data eksisting	119
Gambar 4.14 sub model 8 data eksisting	120
Gambar 4.15 Model arena random number	122
Gambar 4.16 Sub model 1 simulasi random number	123
Gambar 4.17 Sub model 2 simulasi random number	124
Gambar 4.18 Sub model 3 simulasi random number	125
Gambar 4.19 Sub model 4 simulasi random number	125
Gambar 4.20 sub model 5 simulasi random number	126

Gambar 4.21 sub model 6 simulasi random number	126
Gambar 4.22 sub model 7 simulasi random number	127
Gambar 4.23 Posisi holding pesawat	135
Gambar 4.24 Posisi holding pesawat hasil simulasi random number berdasarkan komposisi kondisi eksisting.....	140
Gambar 4.25 Posisi holding pesawat hasil simulasi random number berdasarkan variasi komposisi	142
Gambar 4.26 delay kedatangan pesawat	145
Gambar 4.27 delay keberangkatan pesawat.....	145
Gambar 4.28 Pesawat A320.....	146
Gambar 4.29 Persamaan Konsumsi Bahan Bakar Pesawat A320	147
Gambar 4.30 Pesawat B737-500	148
Gambar 4.31 Persamaan Konsumsi Bahan Bakar Pesawat B737-500	149

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Batas kecepatan pesawat saat holding	44
Tabel 2.2 Jarak minimum Arrival-Arrival Separation Pada Kondisi IMC	47
Tabel 2.3 Jarak minimum Departure – Departure Separation Pada Kondisi IMC	47
Tabel 2.4 jarak minimum arrival – arrival pada kondisi VMC.....	47
Tabel 2.5 jarak minimum departure-departure pada kondisi VMC	48
Tabel 2.6 Karakteristik Pesawat.....	49
Tabel 2.7 rata-rata konsumsi bahan bakar pesawat jet.....	51
Tabel 2.8 Analisis research gap	68
Tabel 3.1 Spesifikasi Bandara Internasional Juanda.....	70
Tabel 3.2 Sudut dan jarak exit berdasarkan arah runway	71
Tabel 4.1 Data Pergerakan Pesawat Selama Seminggu	86
Tabel 4.2 Rekapitulasi perhitungan peak hour dengan interval 5 menit.....	87
Tabel 4.3 Kategori pesawat berdasarkan kecepatan mendarat.....	89
Tabel 4.4 Tipe pesawat selama peak hour	90
Tabel 4.5 Rekanan Jarak Minimum Pemisahan Antar Pesawat.....	90
Tabel 4.6 Perhitungan interarrival time	92
Tabel 4.7 Jarak exit taxiway untuk R10 Bandara Internasional Juanda	95
Tabel 4.8 Perhitungan Runway Occupancy Time.....	96
Tabel 4.9 Waktu kebutuhan approach.....	99
Tabel 4.10 Asumsi kecepatan taxiing berdasarkan kategori pesawat	100
Tabel 4.11 Asumsi parking stand yang diakomodasi exit N3.....	101
Tabel 4.12 Asumsi parking stand yang diakomodasi exit N5.....	101
Tabel 4.13 Asumsi parking stand yang diakomodasi exit N6.....	101
Tabel 4.14 Jarak exit S5 untuk parking stand 5 sampai 14.....	102
Tabel 4.15 Jarak exit S4 untuk parking stand 5 sampai 14.....	102
Tabel 4.16 Jarak exit S5 untuk parking stand 1 sampai 4.....	102
Tabel 4.17 Jarak exit S4 untuk parking stand 1 sampai 4.....	102
Tabel 4.18 Jarak parking stand terminal 1 ke treshold.....	104

Tabel 4.19 Jarak parking stand terminal 2 ke treshold	104
Tabel 4.20 Waktu kebutuhan taxiing	105
Tabel 4.21 Rekapitan perhitungan kapasitas runway eksisting	107
Tabel 4.22 Delay kondisi eksisting	133
Tabel 4.23 Perhitungan waktu antar pesawat di ruang udara	134
Tabel 4.24 Selisih jarak exit	136
Tabel 4.25 hasil running simulasi eksisting.....	138
Tabel 4.26 Antrian pesawat di ruang udara hasil simulasi kondisi eksisting .	139
Tabel 4.27 Hasil running simulasi random number berdasarkan komposisi kondisi eksisting untuk delay kedatangan	140
Tabel 4.28 hasil running simulasi random number berdasarkan variasi komposisi untuk delay kedatangan	141
Tabel 4.29 Hasil running simulasi random number berdasarkan komposisi kondisi eksisting untuk delay keberangkatan	143
Tabel 4.30 Hasil running simulasi random number berdasarkan variasi komposisi untuk delay keberangkatan	144
Tabel 4.31 Konsumsi bahan bakar A320 di holding area.....	146
Tabel 4.32 Konsumsi bahan bakar B737-500 di holding area.....	148

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	JADWAL PENERBANGAN
LAMPIRAN B	LAYOUT BANDARA
LAMPIRAN C	HASIL RUNNING SIMULASI DATA EKSISTING
LAMPIRAN D	HASIL RUNNING SIMULASI RANDOM NUMBER BERDASARKAN KOMPOSISI PESAWAT EKSISTING
LAMPIRAN E	HASIL RUNNING SIMULASI RANDOM NUMBER PERCOBAAN 1, 2, 3 DAN 4

BAB I

PENDAHULUAN

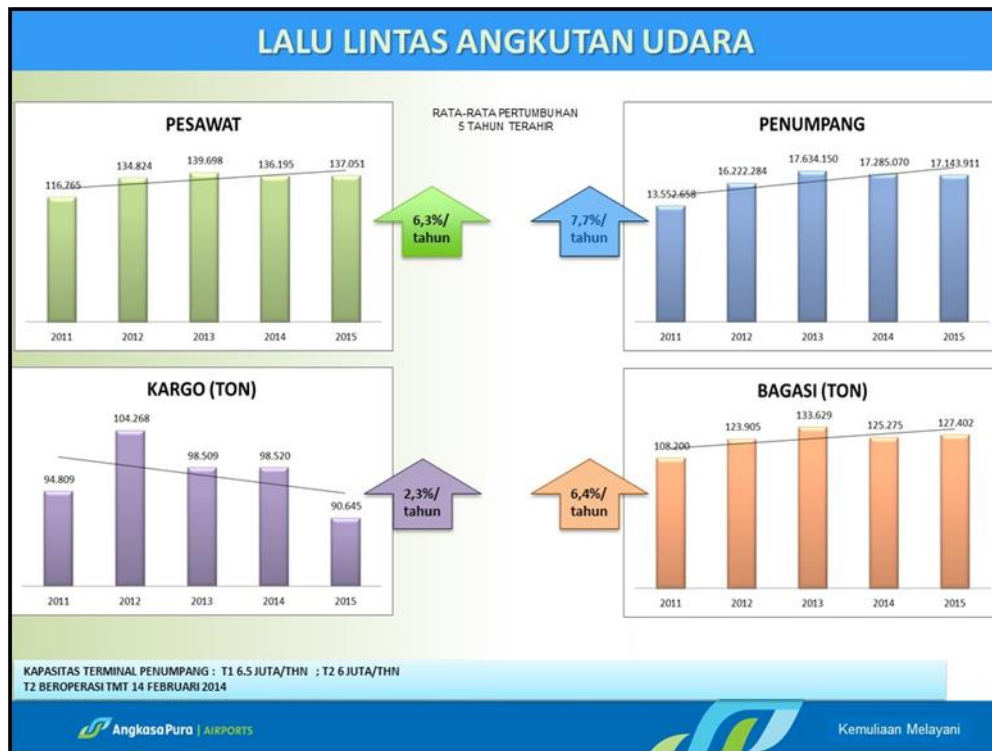
Pada bab 1 ini akan dibahas mengenai landasan awal yang menjadi maksud dan tujuan dalam penulisan penelitian. Adapun landasan awal penelitian ini terdiri atas latar belakang penulisan penelitian yang dilanjutkan perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan batasan masalah dari penelitian ini.

1.1. Latar Belakang

Transportasi udara menjadi transportasi yang semakin diminati oleh masyarakat karena keunggulannya dalam hal pelayan, yakni cepat, aman dan efisien. Ada beberapa alasan konsumen menggunakan jasa transportasi udara, diantaranya untuk kepentingan bisnis, kepentingan pariwisata, dan berbagai urusan lainnya. Dengan berbagai keunggulan yang dimiliki menyebabkan tingginya tingkat permintaan layanan transportasi udara. Tingginya permintaan layanan transportasi udara menunjukkan padatnya aktivitas di sebuah kota. Saat ini, transportasi udara di Indonesia berkembang sangat pesat, hal ini dibuktikan dengan gencarnya pemerintah membangun bandara baru dan memperluas bandara yang sudah ada. Kebutuhan peningkatan standar layanan transportasi udara khususnya bandara, menuntut dunia penerbangan Indonesia untuk selalu meningkatkan kualitas seluruh sarana dan prasarananya.

Salah satu bandara yang diperluas di Indonesia yakni Bandara Internasional Juanda, dimana bandara ini merupakan pintu gerbang transportasi udara di Jawa Timur. Bandara yang dikelola oleh PT. Angkasa Pura I (Persero) terletak 20 km sebelah selatan Kota Surabaya. Bandara Internasional Juanda memiliki total luas 477,3 ha dengan dua gedung terminal yang beroperasi dan akan membangun gedung terminal 3 dan terminal 4. Gedung terminal 1 memiliki luas 62.701m^2 dengan kapasitas 6,5 juta penumpang/tahun dan gedung terminal 2 memiliki luas 49.500m^2 dengan kapasitas 6 juta penumpang/tahun.

Dari tahun ke tahun, Bandara Internasional Juanda mengalami peningkatan baik dari jumlah penumpang, kargo dan pergerakan pesawat. Selama lima tahun terakhir rata-rata pertumbuhan jumlah penumpang sebesar 7,7% per tahun, pertumbuhan jumlah kargo 2,3 % per tahun dan pertumbuhan pergerakan pesawat 6,3 % per tahun. Rata-rata pergerakan pesawat setiap hari pada tahun 2016 sebesar 414 pesawat dengan jumlah penumpang 51.653 penumpang/hari.



Gambar 1.1 Grafik lalu lintas angkutan udara Bandara Internasional Juanda

Sumber: (<http://juanda-airport.com/>)

Pada gambar 1.1. prosentase penumpang dan pesawat mengalami penurunan pada tahun 2014, dari tahun sebelumnya yakni sebesar 17,2 juta penumpang/tahun dan pergerakan pesawat sebesar 136.195 pesawat/tahun. Menurut General Manager PT. Angkasa Pura 1, penyebabnya penurunan penumpang pada tahun 2014 yakni karena faktor alam meletusnya Gunung Kelud, tragedi AirAsia QZ 8501 dan faktor lain yang mempengaruhi adalah kondisi perekonomian nasional yang melambat. Pertumbuhan penumpang selama lima tahun terakhir menunjukkan bahwa Bandara Internasional

Juanda mengalami *overload* karena melebihi kapasitas dari dua terminal yang ada yakni 12,5 juta penumpang/tahun.

Jumlah penumpang, kargo dan pergerakan pesawat diperkirakan akan terus meningkat dan berdampak langsung pada kemampuan kapasitas bandara dalam melayani permintaan lalu lintas udara. Kapasitas merupakan ukuran penting keefektifan suatu bandara. Kapasitas bandara dianggap sebagai jumlah operasi pesawat terbang maksimum yang dapat ditampung oleh fasilitas bandara dalam satuan waktu (Horonjeff dan McKelvey, 2010). Perhitungan kapasitas bandara bertujuan untuk menjelaskan kapasitas dari suatu bandara sebagai dasar pengembangan bandara di masa mendatang dalam menghadapi pertumbuhan lalu lintas udara.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kapasitas suatu bandara adalah komponen-komponen utama yang ada dalam bandara. Komponen-komponen bandara terdiri dari fasilitas sisi udara dan sisi darat. Dalam kaitannya dengan pergerakan pesawat, sisi udara berperan penting untuk menunjang terciptanya jaminan keselamatan, keamanan dan kelancaran penerbangan yang dilayani. Adapun ditinjau dari pengoperasiannya, fasilitas sisi udara ini sangat terkait erat dengan karakteristik pesawat-pesawat yang dilayani bandara tersebut.

Sistem bandara dari sisi udara terdiri dari area *gate apron*, *taxiway*, *holding pad*, *exit taxiway*, *runway*, dan jalur penerbangan di angkasa (Horonjeff dan McKelvey, 2010). *Gate apron* merupakan pintu yang digunakan untuk proses pergerakan penumpang dari ruang tunggu terminal menuju ke bus atau langsung menuju ke pesawat. Pengaturan *gate* (*gate assignment*) sangat penting untuk mengoptimalkan waktu pemakaian *gate* yang dibutuhkan sejak pesawat mendarat hingga *clearing aircraft* untuk keberangkatan pesawat berikutnya (Hersanti Rahayu, 2016). *Taxiway* merupakan bagian dari fasilitas sisi udara yang dibangun untuk jalan keluar masuk pesawat dari *runway* maupun sebagai sarana penghubung antara beberapa fasilitas seperti *aircraft parking position taxiline*, *apron taxiway*, dan *rapid exit taxiway*. Fasilitas berikutnya yakni *exit taxiway* merupakan *taxiway* yang berfungsi untuk memperpendek masa penggunaan *runway* pada saat *landing* pesawat di *runway*. Penentuan lokasi *exit taxiway* tergantung pada komposisi pesawat yang dilayani, jumlah

exit taxiway, kecepatan dan perlambatan pesawat. Jumlah *exit taxiway* direncanakan mampu mengakomodasi lalu lintas pergerakan pesawat pada jam puncak. *Runway* adalah suatu bidang persegi panjang yang ditentukan di bandara berfungsi sebagai tempat pesawat *take-off* dan *landing*-nya suatu pesawat.

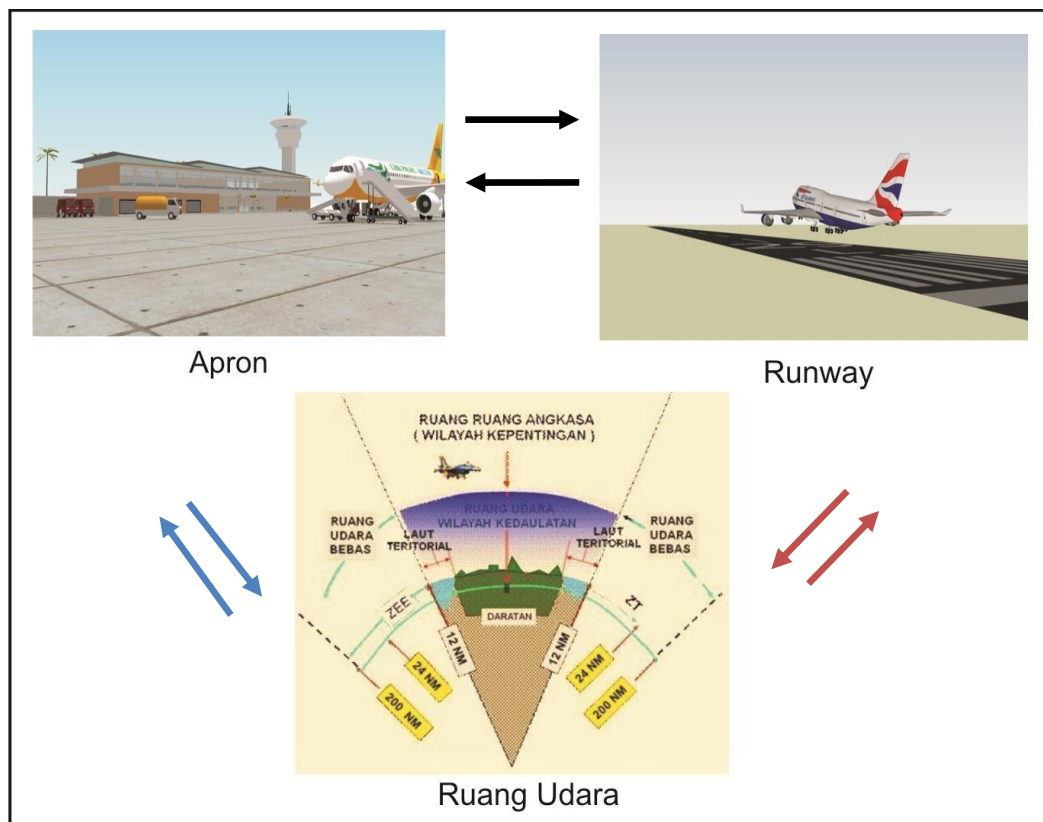
Dalam kaitannya operasi lalu lintas penerbangan proses *take off* dan *landing* merupakan fase yang penting. Fase *take off* adalah fase awal dalam suatu penerbangan sedangkan *landing* adalah fase terakhir. Pesawat harus melakukan *take off* dan *landing* yang aman. *Take off* adalah tahap dari penerbangan di mana sebuah pesawat bergerak dari ground yakni apron menuju *taxiway* lalu menuju *runway* untuk terbang ke udara. *Landing* adalah tahap dalam suatu penerbangan, dimana pesawat dari ruang udara menuju *runway* kemudian ke *exit taxiway* kembali ke apron untuk keperluan menurunkan penumpang dan barang. Studi kasus dalam penelitian ini yakni Bandara Internasional Juanda yang memiliki satu *runway* dengan panjang 3000 meter dan lebar 45 meter. *Runway* yang tersedia melayani sekitar 35-40 pesawat/jam. Kondisi seperti ini membuat antrian pesawat di darat, dalam hal ini pesawat yang akan *take off* menjadi lama dan semakin panjang. Begitu juga kondisi udara menyebabkan pesawat harus berputar-putar sebelum bisa melakukan *landing*. Hal tersebut menjadi salah satu penyebab permasalahan pemborosan bahan bakar pesawat (avtur) dan penjadwalan pesawat yang tidak optimal yang mengakibatkan penundaan (*delay*).

Komponen-komponen sisi udara yang telah dijelaskan diatas dalam beberapa kasus berpengaruh terhadap *delay*. Dalam penerbangan Indonesia, *delay* menjadi masalah konkrit yang sering terjadi. *Delay* penerbangan adalah terjadinya perbedaan waktu antara keberangkatan atau kedatangan yang dijadwalkan dengan realisasi waktu keberangkatan atau kedatangan. Penyebab terjadinya penundaan atau *delay* ada beberapa hal. Menurut Biro Statistik Transportasi US penyebab terjadinya *delay* pesawat didefinisikan menjadi beberapa kategori yakni disebabkan oleh maskapai, cuaca ekstrim, NAS (*National Aviation System*), keterlambatan kedatangan pesawat dan masalah keamanan.

Delay di Bandara Internasional Juanda disebabkan oleh beberapa faktor. Diantaranya adalah adanya peningkatan volume jumlah penumpang seperti yang terjadi pada akhir tahun 2015. Peningkatan volume penumpang menyebabkan jam penerbangan dari sejumlah maskapai penerbangan mengalami *delay*. Menurut manajer Humas PT. Angkasa Pura 1, frekuensi penerbangan pada akhir tahun 2015 lebih banyak dibandingkan pada hari biasa dikarenakan bertepatan dengan libur natal dan tahun baru. Pada akhir tahun 2015, rata-rata terdapat 10 penerbangan yang mengalami *delay* setiap harinya. Hal tersebut disebabkan lalu lintas penerbangan di Bandara Internasional Juanda yang semakin padat. Penyebab *delay* lainnya adalah apabila terjadi kecelakaan di area *runway*. Kecelakaan di area *runway* Bandara Internasional Juanda terjadi pada Februari 2016, kecelakaan tersebut disebabkan pesawat Lion Air JT 263 dengan rute Balikpapan-Surabaya keluar dari landasan. PT Angkasa Pura I menyebutkan terdapat 13 penerbangan yang mengalami *delay* dari dan menuju Bandara Internasional Juanda. Dampak dari permasalahan tersebut mengharuskan Bandara Internasional Juanda ditutup selama 1 jam 35 menit.

Permasalahan *delay* menimbulkan kerugian yang besar. Dampak dari adanya *delay* tidak hanya merugikan satu pihak saja, melainkan beberapa pihak yang terkait. *Delay* tentunya merugikan penumpang, pihak maskapai, bahkan sampai dengan kru pesawat yang bertugas. Bagi penumpang, *delay* berakibat pada waktu tunggu penumpang, pergantian jadwal penerbangan, sampai pembatalan penerbangan. Bagi pihak maskapai, *delay* berakibat pada kepuasan penumpang, pemberian kompensasi penumpang, biaya pemeliharaan, biaya kru dan pemborosan avtur. *Vice President Corporate Communication* Garuda Indonesia menyebutkan, dalam satu hari Garuda Indonesia melayani 520 penerbangan. Jika harus antri saat akan melakukan *take off* ataupun *landing*, maskapai harus mengeluarkan biaya lebih. Untuk pesawat Boeing 777, apabila terjadi *delay* selama 1 jam dapat menghabiskan avtur sebesar 1,7 ton. Tidak hanya itu saja, penundaan jadwal keberangkatan dan kedatangan pesawat menimbulkan efek domino untuk penerbangan berikutnya karena dipastikan akan merembet ke semua rute yang terkait (Pudjobroto, 2014).

Berdasarkan uraian diatas dapat dipastikan bahwa *delay* mengakibatkan menurunnya produktivitas baik dari penumpang maupun pihak maskapai pesawat. *Delay* yang terjadi seperti dijelaskan pada paragraf sebelumnya diakibatkan oleh beberapa komponen dalam setiap bagian sisi udara. Untuk itu, perlu dilakukan penelitian yang dapat menganalisis *delay* yang mungkin terjadi pada setiap bagian pemrosesan di sisi udara. Secara garis besar, gambaran permasalahan *delay* tersebut disajikan dalam gambar 1.1.



Gambar 1.2 Skenario permasalahan *delay* pada komponen Sisi Udara

Dari gambar 1.1 akan dibuat skenario permasalahan terjadinya *delay* di Bandara Internasional Juanda. Skenario pertama yakni apabila terjadi *delay* di ruang udara akibat aktivitas runway dan tingginya kedatangan pesawat. Skenario ke dua apabila terjadi *delay* sebelum pesawat dapat melakukan *take off* yakni terjadi antrian pesawat di *holding apron*. Skenario ketiga apabila terjadi *delay* di apron akibat proses *ground handling* (proses penanganan penumpang, bagasi, cargo dan pos di bandara oleh petugas airlines). Dari ketiga skenario tersebut akan disimulasikan untuk dapat mengetahui terjadinya *delay* dari masing-

masing komponen. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat menganalisis dampak *delay* pada setiap bagian pemrosesan terhadap bagian yang lain yakni apron, *runway* dan ruang udara.

1.2. Perumusan Masalah

Delay dapat diakibatkan oleh masalah penumpukan pesawat, penumpang di area apron, adanya kecelakaan di *runway*, kerusakan permukaan *runway*, bencana alam dan lain-lain sebagaimana disebutkan pada sub bab 1.1. untuk dapat menganalisis dampak *delay* dari masing-masing proses di sisi udara, maka perlu menyelesaikan beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana kinerja eksisting komponen-komponen sisi udara (*runway*, *taxiway* dan apron) di Bandara Internasional Juanda?
2. Bagaimana mensimulasikan pergerakan pesawat di Bandara Internasional Juanda?
3. Bagaimana *delay* yang terjadi dari masing-masing komponen sisi udara di Bandara Internasional Juanda?
4. Bagaimana pengaruh *delay* terhadap konsumsi bahan bakar pesawat?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam menganalisis dampak *delay* dari masing-masing proses di sisi udara adalah untuk memberikan beberapa solusi, yakni:

1. Mengetahui kinerja eksisting komponen-komponen sisi udara (*runway*, *taxiway* dan apron) di Bandara Internasional Juanda.
2. Mensimulasikan pergerakan pesawat di Bandara Internasional Juanda.
3. Mengetahui *delay* yang terjadi dari masing-masing komponen sisi udara di Bandara Internasional Juanda.
4. Menghitung pengaruh *delay* terhadap konsumsi bahan bakar pesawat.

1.4. Manfaat Penelitian

Melalui penelitian tesis ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya, dan pertimbangan bagi pihak-pihak yang terkait, manfaat yang dapat diperoleh antara lain:

1. Sebagai tambahan pengetahuan tentang cara menghitung kinerja kapasitas sisi udara suatu bandara.
2. Sebagai tambahan pengetahuan untuk memberikan solusi tentang permasalahan *delay* di suatu bandara.
3. Sebagai salah satu referensi yang berkaitan dengan upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kapasitas sisi udara.
4. Menjadi bahan refensi dan informasi mengenai kapasitas sisi udara dan *delay* bagi pihak Bandara Internasional Juanda terkait dalam menerapkan strategi peningkatan optimasi penggunaan *runway* dan pengaturan jadwal.

1.5. Ruang Lingkup Penelitian

Untuk memudahkan penelitian mengenai analisis dampak *delay* yang terjadi pada setiap pemrosesan sisi udara, maka ruang lingkup yang akan dibahas dalam penelitian ini dibatasi pada:

1. Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder yang diperoleh dari pihak-pihak yang terkait.
2. Survey dapat dilakukan dengan melihat pada situs www.flightstats.com.
3. Survey pergerakan pesawat dilakukan untuk mengetahui *delay* yang terjadi berdasarkan jadwal actual penerbangan.
4. Tidak meninjau jadwal penerbangan bandara asal, jadwal kedatangan sesuai dengan jadwal dari bandara juanda
5. Simulasi dilakukan menggunakan software ARENA 14.

Asumsi dalam penelitian ini, yakni:

1. Simulasi pergerakan pesawat untuk kedatangan dimulai dari STAR sampai pesawat menempati *parking stand* yang ditentukan, sedangkan untuk keberangkatan dimulai dari *parking stand* sampai pesawat *take off*.

2. Pembangunan model simulasi berdasarkan data eksisting.
3. Pemodelan parkir pesawat pada simulasi adalah pesawat akan menempati *parking stand* berdasarkan *exit* terdekat dan menggunakan prioritas jarak.
4. *Delay* pesawat berdasarkan simulasi dapat dilihat pada ruang udara yakni *holding area* dan sebelum pesawat *take off*.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Bab 2 akan memaparkan beberapa *literature review* yang telah didapatkan dari buku, *ebook*, peraturan-peraturan mengenai bandara dan operasional penerbangan, dan hasil telaah beberapa jurnal. Terdapat beberapa sub bab yang akan didefinisikan antara lain, penjelesan mengenai fasilitas sisi udara, fasilitas sisi udara, proses pergerakan pesawat, *delay*, teori antrian, teori simulasi dan hasil analisis dari beberapa penelitian sebelumnya.

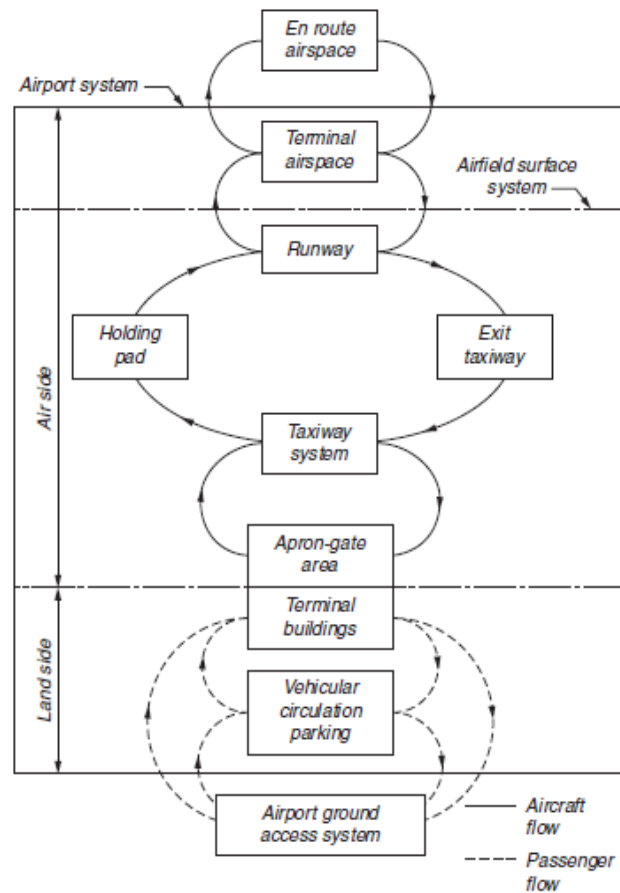
2.1. Fasilitas Sisi Udara Bandara

Suatu bandara dibagi atas dua bagian utama yakni sisi darat (*land side*) dan sisi udara (*air side*). Dalam penelitian ini akan dibahas mengenai lingkup sisi udara suatu bandara. Sisi udara suatu bandara dirancang dan dikelola untuk mengakomodasi pergerakan pesawat udara pada saat kedatangan atau keberangkatan.

Keputusan Menteri Perhubungan KM No 47 tahun 2002 menyebutkan bahwa Sisi Udara suatu Bandar Udara adalah bagian dari Bandar Udara dan segala fasilitas penunjangnya yang merupakan daerah bukan publik tempat setiap orang, barang, dan kendaraan yang akan memasukinya wajib melalui pemeriksaan keamanan dan/atau memiliki izin khusus.

2.1.1. Komponen Fasilitas Sisi Udara

Menurut horeonjeff dan McKelvey komponen sisi udara terdiri dari *runway*, *exit taxiway*, *holding pad*, *taxiway system* dan *apron-gate area*. Hubungan bagian-bagian tersebut diilustrasikan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Bagian-bagian sistem bandara untuk suatu bandara yang besar
 Sumber: (horenjeff dkk, 2010)

Pada gambar 2.1 digambarkan bahwa tata letak bandara secara umum terdiri dari 3 daerah yakni sisi udara, sisi darat dan terminal. Setiap bagian utama bandara memiliki persyaratan khusus masing-masing. Pada fasilitas sisi udara keamanan yang efektif sangat bergantung pada aplikasi yang terintegrasi dari hambatan fisik, identifikasi dan sistem kontrol akses, alat-alat pengintai atau deteksi, penerapan prosedur keamanan, dan penggunaan sumber daya yang efisien (Noviani, 2011).

2.1.2. Fungsi Fasilitas Sisi Udara

Ditinjau dari pengoperasiannya, fasilitas sisi udara ini sangat terkait erat dengan karakteristik pesawat dan senantiasa harus dapat menunjang terciptanya jaminan keselamatan, keamanan dan kelancaran penerbangan yang dilayani.

Aspek-aspek tersebut menjadi pertimbangan utama dalam menyusun standar persyaratan teknis operasional fasilitas sisi udara. Sehingga standar kelayakan teknis operasional fasilitas ini disusun dengan acuan baku yang terkait dengan pesawat udara yang dilayani.

Fasilitas sisi udara memiliki tugas pokok dan fungsi dalam terciptanya keselamatan, keamanan dan kelancaran operasional penerbangan, antara lain:

1. Mengatur pergerakan pesawat udara dengan tujuan untuk menghindari adanya tabrakan antara pesawat udara dan pesawat udara dengan obstacle.
2. Mengatur masuknya pesawat udara ke apron dan mengkoordinasikan pesawat udara yang keluar dari apron dengan dinas adc (*aerodrome control*).
3. Menjamin keselamatan dan kecepatan serta kelancaran pergerakan kendaraan dan pengaturan yang tepat dan baik bagi kegiatan di sisi udara.
4. Menyiapkan *aircraft parking standard allocation* terlebih dahulu, untuk memudahkan *parking* dan handling pesawat udara yang bersangkutan.
5. Mengadakan pengaturan terhadap *engine run-up*, *aircraft towing*, memonitor *start-up clearance* yang diberikan control tower untuk meningkatkan keselamatan dan kelancaran lalu lintas di apron.
6. Menyediakan marshaller dan *follow me service*
7. Memberikan / menyebarkan informasi kepada operator mengenai hal-hal yang berkaitan dengan adanya suatu kegiatan yang sedang berlangsung yang berpengaruh terhadap kegiatan operasi lalu lintas di apron.
8. Menjamin kebersihan apron dengan melaksanakan dan menetapkan suatu program inspeksi dan *standard* pencemaran yang ketat.
9. Menyediakan dukungan dan bantuan pesawat udara yang sedang dalam keadaan *emergency*.

2.2. Proses Pergerakan Pesawat

Untuk mengetahui lebih detail proses pergerakan pesawat terlebih dahulu dapat dipahami fase dasar penerbangan pesawat. Ada beberapa tahapan fase penerbangan dijelaskan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Fase Penerbangan
 Sumber: <http://aeroengineering.co.id/>

Masing-masing fase pergerakan pesawat dari gambar 2.2 dijelaskan sebagai berikut:

1. Fase *Take-off*:

Dalam fase ini pesawat dipercepat dari saat pesawat masih berada di darat yakni ujung *runway* (*threshold*) hingga pesawat mencapai kecepatan menanjak tertentu pada ketinggian 35ft (10.7 m) untuk pesawat transport atau 50ft (15.2m) untuk pesawat militer atau pesawat kecil dengan tenaga propeller.

2. Fase *climb*:

Climb adalah fase dimana pesawat menuju pada ketinggian tertentu untuk mendapatkan kondisi operasi yang optimal (*cruise*). Untuk naik pada ketinggian tersebut, pesawat terbang *lift up* dengan cara meningkatkan *angle of attack* dan meningkatkan daya pada mesin untuk mendapatkan gaya dorong yang berakibat pada naiknya kecepatan hingga gaya angkat melebihi berat pesawat.

3. Fase *Cruise*:

Merupakan keadaan terbang dimana pesawat menggunakan bahan bakar paling ekonomis dan kondisi desain yang optimal secara teknis. Fase ini memiliki durasi yang paling lama selama perjalanan di udara maupun melakukan misi hingga sampai di tujuan. Saat *cruise*, pesawat bergerak dalam kondisi kecepatan dan ketinggian yang relatif konstan, hanya saja berubah

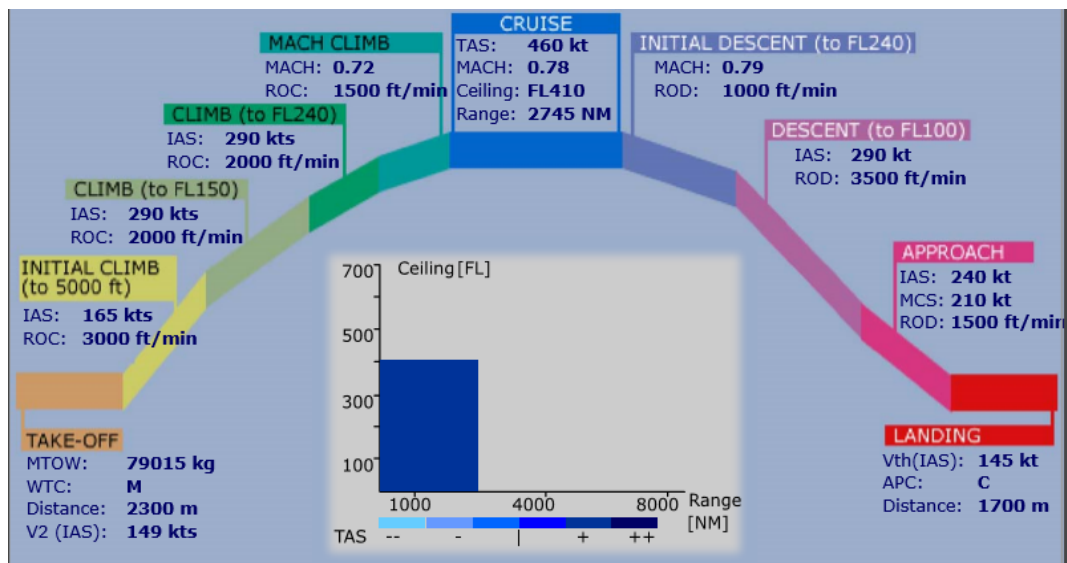
arah haluan/*heading* yang mana gaya angkat sayap akan sama dengan berat pesawat.

4. Fase *Descent*:

Setelah pesawat mendekati *runway* untuk mendarat, pesawat melakukan *descent*, yaitu pesawat melakukan pergerakan turun dengan kecepatan konstan dengan mengatur daya mesin maupun *pitch*. Adapun sudut *descent* secara umum adalah tiga derajat menuju bandara. Kondisi *descent* menuju bandara ini disebut dengan istilah *approaching*. Akhir dari *approaching* itu sendiri adalah pengambilan posisi untuk *landing*. Apabila pesawat tidak dapat melakukan *landing*, pesawat harus berputar di area *holding*. *Holding* merupakan area yang disediakan untuk menunda *landing* dari suatu pesawat.

5. Fase *Landing*:

Fase terakhir pada penerbangan. Setelah posisi *landing* diperoleh, pesawat berusaha menurunkan kecepatan serendah mungkin supaya dapat menyentuh *runway* sehalus mungkin. Penurunan kecepatan tersebut dapat dilakukan dengan penggunaan *flap* maupun *speed brakes* pada pesawat yang besar. Penurunan kecepatan tersebut dapat juga dibantu dengan memanfaatkan kondisi *head-wind* seperti pada *take-off*. Kondisi pesawat saat menyentuh darat disebut dengan *touch down*. Adapun setelah *landing*, pesawat kembali melakukan *taxiing* untuk menempatkan diri pada *parking stand* yang disediakan di apron.



Gambar 2.3 Fase pergerakan pesawat tipe B737-900

Sumber: Aircraft Performance Database V2.0

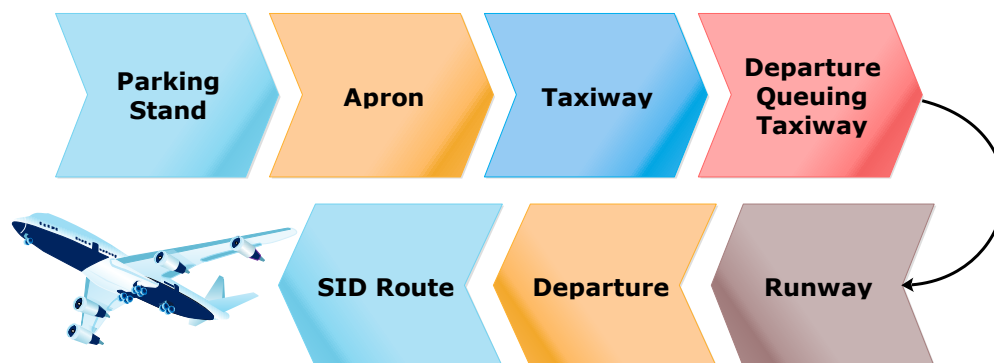
Pada gambar 2.3 merupakan contoh fase pergerakan pesawat tipe B737-900, masing-masing fase memiliki kecepatan yang berbeda. Untuk fase *take off* kebutuhan pesawat tipe B737-900 melakukan lift up berjarak 2300 m dengan kecepatan 149 knots, sedangkan untuk fase *landing* kebutuhan *landing distance* sebesar 1700 m dengan kecepatan 145 knots. Masing-masing tipe pesawat memiliki spesifikasi yang berbeda untuk setiap fase.

Selain fase pergerakan pesawat yang dijelaskan diatas, dalam penelitian juga meninjau proses pergerakan pesawat di sisi udara bandara yang terbagi menjadi tiga bagian yakni keberangkatan pesawat, kedatangan pesawat dan *ground handling*. Masing-masing proses akan dijelaskan pada sub bab berikut.

2.2.1. Proses Keberangkatan Pesawat

Proses keberangkatan pesawat dimulai dari *parking stand*, pilot mengkomunikasikan dengan pihak *controller* ATC untuk meminta izin *clearance* area minimal 30 menit sebelum melakukan pushback atau mendorong pesawat mundur. Setelah mendapatkan izin lalu pushback dilakukan sesuai dengan waktu yang ditentukan. Pergerakan pesawat selanjutnya menuju *taxiway* dengan arahan dari pihak ATC mengenai jalur mana yang dilewati untuk *queuing taxiway*. Ketika pesawat telah berada pada *queuing taxiway*, pilot menunggu konfirmasi

dari ATC mengenai informasi *departure clearance*. Hal ini ditujukan untuk mengatur separasi atau jarak antar pesawat. Gambar berikut merupakan urutan proses keberangkatan pesawat.



Gambar 2.4 Proses Keberangkatan Pesawat

Setelah beberapa proses yang dijelaskan diatas, sesuai dengan gambar 2.4 maka proses selanjutnya yakni pesawat berada di area *runway*. Pada saat jalur keberangkatan dinyatakan *clear* maka pilot diinstruksikan untuk bersiap melakukan *lined-up*, yakni berada pada tengah *runway* untuk proses *take-off*. Setelah pesawat berhasil mengudara, pilot melakukan manuver pada ketinggian tertentu sesuai dengan informasi dari ATC, hal ini dikenal dengan *flight level*. Selanjutnya pesawat memasuki rute SID (*Standard Instrumen Departure*) ini merupakan jalur menuju ke bandara tujuan sesuai dengan rencana penerbangan (*flight plan*).

2.2.2. Proses Kedatangan Pesawat

Proses kedatangan pesawat dimulai ketika pesawat memasuki STAR (*Standard Arrival Route*), merupakan rute standar pesawat ketika akan mendarat menuju *runway*. Selanjutnya pesawat melakukan *approach* menuju *runway* untuk bersiap melakukan *landing*. Pesawat yang akan *landing* berkomunikasi dengan pihak ATC agar secara konstan menjaga jarak pemisahan antar pesawat baik pesawat yang didepannya ataupun dengan pesawat yang dibelakangnya.



Gambar 2.5 Proses Kedatangan Pesawat

Pada gambar 2.5 setelah proses *landing* di *runway* pesawat harus sesegera mungkin menuju *exit taxiway* terdekat, *exit taxiway* merupakan jalur keluar dari *runway* menuju *taxiway*. Selanjutnya pesawat *taxiing* menuju apron. Pada saat di apron pesawat melakukan *parking stand* pada posisi yang telah ditentukan, setelah pesawat berhenti sempurna dilakukan pencacatan waktu *on block* oleh *Apron Management Control*. Proses selanjutnya yakni *ground handling*.

2.2.3. Proses Ground Handling

Secara umum proses *ground handling* terbagi menjadi dua yakni *embarkation* dan *disembarkation*. Berikut gambaran proses *ground handling*



Gambar 2.6 Proses *ground handling*

Pada proses *embarkation* penumpang turun melalui tangga pesawat atau menggunakan grabarata. Proses *unloading baggage* yakni pengangkutan bagasi menuju *baggage claim area*. Selain proses tersebut dilakukan *unloading cargo*, kemudian dilakukan *lavatory drainage* dan *cabin cleaning service*. Pada proses tersebut mesin pesawat dimatikan dan sumber tenaga diperoleh dari *ground power unit*.

Proses *ground handling* saat persiapan keberangkatan pesawat adalah proses persiapan kabin pesawat. Pada proses ini dilakukan *water service* untuk mengisi air bersih ke dalam pesawat, *air conditioning service*, *catering service* serta dilakukan pengisian bahan bakar pesawat. Selain proses tersebut dilakukan juga proses *loading cargo* dan *loading baggage*. Setelah semua proses selesai dilakukan pencatatan waktu *off block* yakni pada saat pesawat menutup pintu dan bersiap untuk melakukan *push back*.

2.3. Runway

Fasilitas ini adalah fasilitas yang berupa suatu perkerasan yang disiapkan untuk pesawat melakukan kegiatan pendaratan dan tinggal landas. Elemen dasar *runway* meliputi perkerasan yang secara structural cukup untuk mendukung beban pesawat yang dilayaninya, bahu *runway*, *runway strip*, *runway* buangan panas mesin (blast pad), *runway end safety area (RESA)* *stopway*, *clearway*.

2.3.1. Kapasitas Runway

Kapasitas *runway* adalah maksimum pergerakan pesawat secara berkelanjutan, baik kedatangan maupun keberangkatan, yang dapat diselenggarakan pada periode waktu tertentu pada konfigurasi *runway* yang ditentukan, pada kondisi cuaca tertentu dan tundaan yang bisa diterima. (Norman J. Ashford, 2011).

Konfigurasi dari *runway* udara memiliki dampak yang signifikan pada kapasitas per jam. Kapasitas suatu *runway* yang hanya digunakan untuk melayani pesawat yang datang dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut (*Horronjeff & McKelvey, 1994*)

1. Campuran pesawat terbang, yang biasanya diberi karakter oleh penggolongan pesawat ke dalam beberapa kelas menurut kecepatan mendekati *runway* (*approach speed*).
2. Kecepatan mendekati *runway* dari berbagai kelas pesawat.
3. Panjang jalur pendekatan umum ke landasan dari jalur masuk (*entry*) atau gerbang ILS ke ambang *runway*.
4. Aturan-aturan jarak pisah lalu lintas udara minimum atau jarak pisah yang diamati praktis apabila tidak ada peraturan.
5. Besarnya kesalahan dalam waktu kedatangan di gerbang dan kesalahan kecepatan pada jalur pendekatan umum ke *runway*.
6. Probabilitas tertentu dari pelanggaran terhadap jarak pisah lalu lintas udara minimum yang dapat diterima.
7. Waktu pemakaian *runway* rata-rata berbagai kelas pesawat dalam campuran dan besarnya pencaran (*dispersion*) dalam waktu rata-rata tersebut.

Runway Capacity of Indonesia Major Airports

AIRPORT	RWY CAPACITY		TRAFFIC MOV PER DAY (INCL. OVERFLYING)
	80%	100%	
CGK	72	86	1.800
DPS	20	25	300
UPG	26	32	270
SUB	26	33	400
KNO	23	28	180
BPN	21	26	230
JOG	16	20	240
TOTAL	184	225	3.420

Sumber : Airtav Indonesia

Gambar 2.7 Kapasitas *Runway* pada Bandara Utama di Indonesia
Sumber: Airtav Indonesia

Gambar 2.7. merupakan data kapasitas *runway* pada bandara utama di Indonesia. Untuk bandara Internasional Juanda kapasitas *runway* maksimum yakni 33 pesawat/jam dengan pergerakan pesawat 400 pesawat/hari.

2.3.2. *Runway Occupancy Time (ROT)*

Salah satu elemen yang penting dalam mengoptimalkan kapasitas *runway* yakni mengurangi waktu yang dihabiskan oleh pesawat di *runway*. *Runway Occupancy Time (ROT)* adalah waktu yang dibutuhkan pesawat ketika berada di *runway*. Ada dua jenis ROT yaitu waktu yang digunakan pesawat, yakni:

1. *Arrival Runway Occupancy Time (ROTA)*, secara definisi ROTA merupakan jarak waktu yang digunakan pesawat ketika melintasi *threshold* sampai dengan ekor pesawat telah meninggalkan *runway*.
2. *Departure Runway Occupancy Time (ROTD)*, merupakan waktu yang digunakan pesawat ketika melewati marka tanda berhenti, sampai dengan roda pendarat utama lepas dari *runway*.

Setiap jenis pesawat memiliki karakter masing-masing ketika menggunakan *runway*. Faktor yang mempengaruhi ROT bukan hanya jenis pesawat saja melainkan *speed exit taxiway*. Apabila suatu *runway* dilengkapi fasilitas *high speed exit taxiway* maka angka ROT semakin kecil, hal ini dikarenakan setelah pesawat mendarat, pesawat dapat dengan cepat keluar dari daerah *runway*.

2.3.3. *Perhitungan Kapasitas Berkaitan dengan Delay*

Perumusan *delay* terbagi atas perhitungan *delay* untuk kedatangan dan keberangkatan. Perhitungan *delay* untuk *runway* yang hanya digunakan bagi kedatangan dihitung dengan persamaan berikut:

$$W_a = \frac{\lambda_a (\sigma_a^2 + 1/\mu_a^2)}{2(1 - \lambda_a/\mu_a)} \quad (2.1)$$

Keterangan:

W_a = penundaan rata-rata (mean) terhadap pesawat yang datang, satuan waktu

λ_a = tingkat kedatangan rata-rata, pesawat terbang per satuan waktu

μ_a = tingkat pelayanan rata-rata untuk kedatangan pesawat terbang per satuan waktu pelayanan rata-rata.

Σ_a = simpangan baku waktu pelayanan rata-rata dari pesawat terbang yang datang

Waktu pelayanan rata-rata dapat berupa waktu pemakaian *runway* atau pemisahan waktu di udara persis di dekat *runway*, diambil nilai yang lebih besar. Model untuk keberangkatan identik dengan yang untuk kedatangan, berikut persamaan untuk *delay* keberangkatan:

$$W_d = \frac{\lambda_d (\sigma_d^2 + 1/\mu_d^2)}{2(1 - \lambda_d/\mu_d)} \quad (2.2)$$

Keterangan:

W_d = penundaan rata-rata (mean) terhadap pesawat yang berangkat, satuan waktu

λ_d = tingkat keberangkatan rata-rata, pesawat terbang per satuan waktu

μ_d = tingkat pelayanan rata-rata untuk keberangkatan pesawat terbang per satuan waktu pelayanan rata-rata.

σ_d = simpangan baku waktu pelayanan rata-rata dari pesawat terbang yang berangkat

Untuk operasi *landing* dan *take-off*, pesawat yang kan *landing* diberikan prioritas dan penundaan terhadap pesawat tersebut diberikan oleh persamaan kedatangan sebagai berikut:

$$W_d = \frac{\lambda_d (\sigma_j^2 + j^2)}{2(1 - \lambda_d^j)} + \frac{g(\sigma_f^2 + f^2)}{2(1 - \lambda_d^f)} \quad (2.3)$$

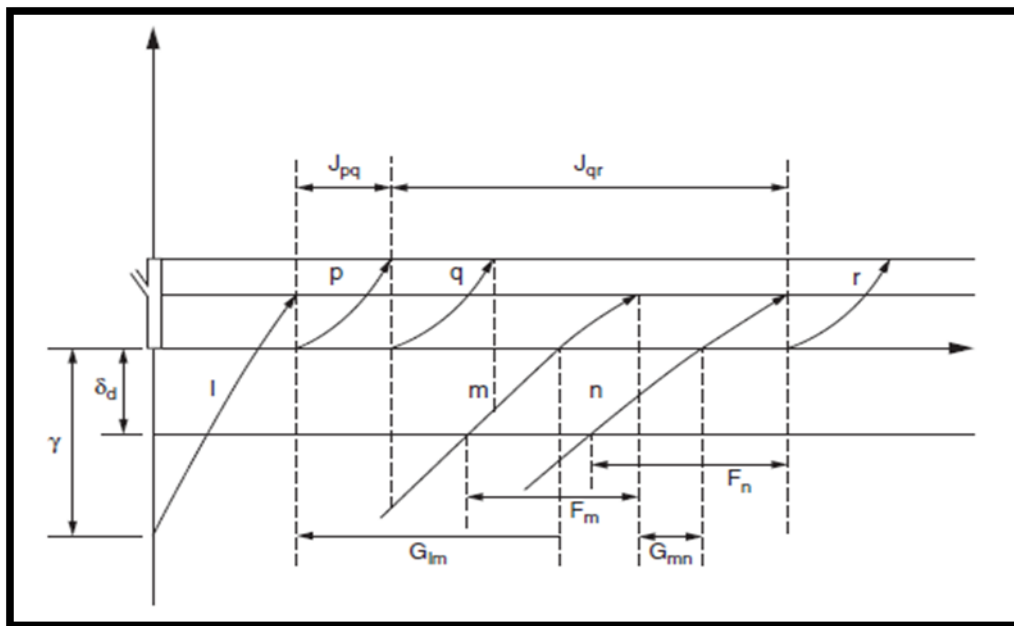
Keterangan:

j = selang waktu rata-rata di antara dua keberangkatan yang berturutan

σ_j = simpangan baku dari selang waktu rata-rata diantara dua keberangkatan yang berturutan

- g = laju rata-rata di mana terjadi kekosongan diantara kedatangan yang berturutan
- f = selang waktu yang rata-rata dimana keberangkatan pesawat tidak dilakukan
- σf = simpangan baku dari selang waktu rata-rata dimana keberangkatan pesawat tidak dilakukan

Berbagai selang waktu yang terdapat dalam model digambarkan pada gambar *time space diagram analysis*. Fungsi diagram yakni untuk mengerti urutan operasi pesawat pada suatu sistem *runway* dan pada ruang angkasa disekitarnya. *Time space analysis* merupakan sebuah metode sederhana yang digunakan untuk menghitung kapasitas *runway* udara jika waktu antar kedatangan (*headway*) pesawat diketahui.



Gambar 2.8. Konsep diagram waktu dan jarak untuk operasi-operasi campuran pada sistem *runway*

Sumber: (horenjeff dkk, 2010)

Pada gambar 2.8. diperlihatkan tiga operasi kedatangan dan tiga operasi keberangkatan. Aturan-aturan pengurutan dasar yang digunakan untuk melayani pesawat terbang tersebut:

1. Dua pesawat terbang tidak boleh dioperasikan pada *runway* pada saat yang bersamaan.
2. Pesawat yang datang diberikan prioritas untuk menggunakan *runway* dari pada pesawat yang berangkat
3. Operasi keberangkatan dapat dilakukan apabila *runway* telah bebas dan kedatangan selanjutnya paling sedikit berada pada suatu jarak tertentu dari ambang *runway*.

2.3.4. Pengembangan Model Untuk Kedatangan Saja

Kapasitas suatu sistem *runway* yang hanya digunakan untuk melayani pesawat yang datang dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut (*Horronjeff & McKelvey, 2010*)

1. Campuran pesawat terbang, yang biasanya diberi karakter oleh penggolongan pesawat ke dalam beberapa kelas menurut kecepatan mendekati *runway* (*approach speed*).
2. Kecepatan mendekati *runway* dari berbagai kelas pesawat.
3. Panjang jalur pendekatan umum ke landasan dari jalur masuk (*entry*) atau gerbang ILS ke ambang *runway*.
4. Aturan-aturan jarak pisah lalu lintas udara minimum atau jarak pisah yang diamati praktis apabila tidak ada peraturan.
5. Besarnya kesalahan dalam waktu kedatangan di gerbang dan kesalahan kecepatan pada jalur pendekatan umum ke *runway*.
6. Probabilitas tertentu dari pelanggaran terhadap jarak pisah lalu lintas udara minimum yang dapat diterima.
7. Waktu pemakaian *runway* rata-rata berbagai kelas pesawat dalam campuran dan besarnya pencaran (*dispersion*) dalam waktu rata-rata tersebut.

Keadaan bebas kesalahan

Untuk mendapatkan waktu pelayanan terboboti untuk kedatangan, perlu untuk merumuskan matriks selang waktu diantara kedatangan pesawat di ambang

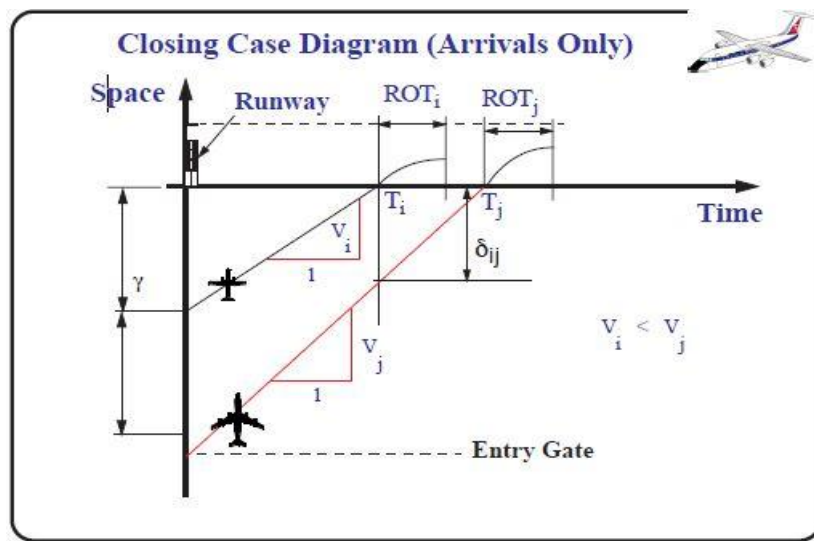
runway. Perlu untuk mengetahui apakah kecepatan pesawat yang di depan (V_i), lebih besar atau lebih kecil dari kecepatan pesawat di belakangnya (V_j). Persamaannya sebagai berikut

$$T_j - T_i = [T_{ij}] = [M_{ij}] \quad (2.4)$$

Keadaan merapat ($V_i \leq V_j$)

Keadaan dimana kecepatan mendekati landasan dari pesawat di depan lebih kecil dari yang berada di belakangnya, seperti pada gambar 2.8. Meskipun demikian, apabila waktu pemakaian *runway* dari kedatangan R_i lebih besar dari pemisahan di udara, maka akan menjadi pemisahan minimum di ambang landasan. Persamaan untuk keadaan ini adalah

$$T_{ij} = T_j - T_i = \frac{\delta_{ij}}{V_j} \quad (2.5)$$



Gambar 2.9 Diagram waktu-jarak untuk jarak antar kedatangan merapat
Sumber: (Trani, 2001)

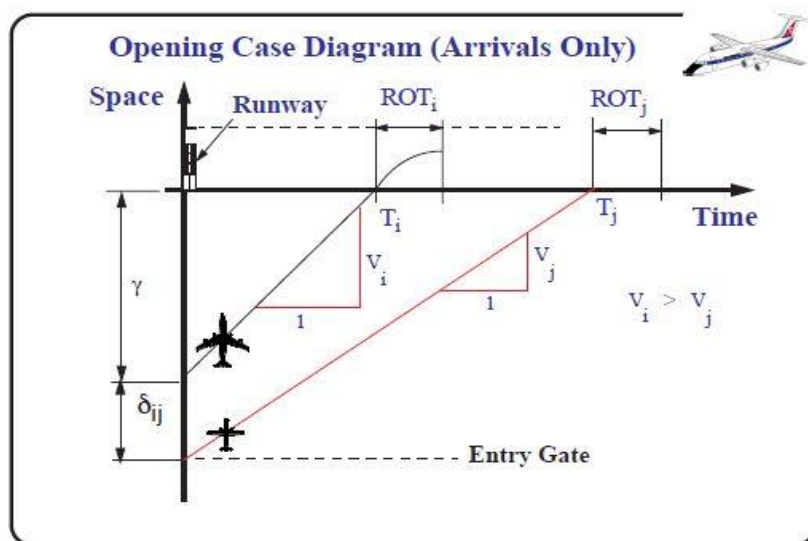
- δ_{ij} = minimum separation matrix (nm)
- T_{ij} = headway antara dua pesawat yang datang (s)
- δ = minimum *arrival-departure* separation (nm)
- ROT_i = *runway occupancy time for aircraft* (s)
- σ = *standard deviation* (s)

- V_i = kecepatan pada saat mendekati landasan dari pesawat di depan dari kelas i (knots)
 V_j = kecepatan pada saat mendekati landasan dari pesawat di belakang dari kelas j (knots)
 γ = panjang jalur pendekatan umum ke *runway* (nm)
 B_{ij} = waktu buffer (s)

Keadaan merenggang ($V_i > V_j$)

Untuk keadaan dimana kecepatan saat mendekati landasan dari pesawat yang berada di depan lebih besar daripada kecepatan pesawat dibelakangnya, seperti pada Gambar 2.9, pemisahan waktu minimum di ambang landasan dapat dinyatakan dalam jarak δ_{ij} , panjang jalur pendekatan umum ke landasan γ , dan kecepatan saat mendekati landasan V_i dan V_j dari pesawat di depan dan di belakang. hal ini bersesuaian dengan jarak pemisahan minimum δ_{ij} di sepanjang jalur pendekatan umum ke landasan, yang sekarang terjadi di jalur masuk dan bukan di ambang landasan. Persamaan untuk keadaan ini diperlihatkan pada Persamaan 2.6.

$$T_{ij} = T_j - T_i = \frac{\delta_{ij}}{V_j} + \gamma \left(\frac{1}{V_j} - \frac{1}{V_i} \right) \quad (2.6)$$



Gambar 2.10 Diagram waktu-jarak untuk jarak antar kedatangan keadaan merenggang
 Sumber: (Trani, 2001)

2.3.5. Pengembangan Model Untuk Keberangkatan Saja

Ketika keberangkatan dinyatakan bebas untuk lepas landas berdasarkan interval waktu minimum, atau waktu antar keberangkatan t_d , kapasitas keberangkatan *runway* C_d diberikan oleh persamaan berikut

$$C_d = \frac{3600}{E(t_d)} \quad (2.7)$$

$$E(t_d) = \sum [p_{ij}] [t_d] \quad (2.8)$$

dimana :

- $E(t_d)$ = waktu pelayanan rata-rata (mean), atau waktu antar keberangkatan di ambang *runway* untuk campuran pesawat.
- $[p_{ij}]$ = probabilitas pesawat yang di depan i, akan diikuti oleh pesawat dibelakangnya j.
- $[t_d]$ = matriks waktu antar keberangkatan

2.3.6. Pengembangan Model-Model Untuk Operasi Campuran Pesawat

Model ini didasarkan pada empat aturan pengoperasian yang sama seperti halnya model-model yang dikembangkan oleh AIL (*Airbone Instruments Laboratory*). Aturan-aturan ini adalah sebagai berikut :

1. Kedatangan mempunyai prioritas dari pada keberangkatan.
2. Hanya satu pesawat dapat berada di *runway* pada sembarang waktu
3. Keberangkatan tidak dapat dilaksanakan apabila pesawat yang datang berikutnya berada pada jarak yang kurang dari suatu jarak tertentu di ambang *runway*, biasanya 2 nmi dalam kondisi IFR (*Instruments Flight Rules*).
4. Keberangkatan yang berurutan diatur sehingga pemisahan waktu minimumnya sama dengan waktu pelayanan keberangkatan.

Diagram waktu-jarak dapat digambar untuk memperlihatkan pengurutan operasi campuran menurut aturan-aturan yang disebutkan di atas dan hal ini

diperlihatkan pada gambar 2.10. Pada gambar ini T_i dan T_j merupakan waktu dimana pesawat yang ada di depan (i) dan yang ada di belakang (j), melewati ambang kedatangan, δ_{ij} adalah pemisahan minimum di antara kedatangan, T_1 adalah waktu dimana pesawat yang datang meninggalkan *runway*, T_d adalah waktu dimana pesawat yang berangkat mulai lepas landas, δ_d adalah jarak minimum pada jarak dimana pesawat yang datang harus berada (dari ambang landasan) supaya keberangkatan dapat dilakukan, T_2 adalah waktu yang menyatakan saat terakhir dimana keberangkatan dapat dilakukan, R_1 adalah waktu pemakaian *runway* untuk suatu kedatangan, G adalah perbedaan waktu dimana keberangkatan dapat dilakukan, dan t_d adalah waktu pelayanan yang dibutuhkan untuk keberangkatan.

Karena kedatangan diberikan prioritas, pesawat yang datang diurutkan dengan pemisahan minimum dan keberangkatan tidak dapat dilakukan kecuali terdapat perbedaan waktu G diantara kedatangan yang berurutan. Oleh karena itu dapat ditulis.

$$G = T_2 - T_1 > 0 \quad (2.9)$$

Tetapi kita tahu bahwa

$$T_1 = T_i + R_i \quad (2.10)$$

dan

$$T_2 = T_j - \frac{\delta_{ij}}{v_j} \quad (2.11)$$

maka dapat ditulis

$$T_2 - T_1 > \left(T_j - \frac{\delta_{ij}}{v_j} \right) - (T_i + R_i) > 0 \quad (2.12)$$

Atau untuk melakukan satu keberangkatan diantara dua keberangkatan yang berurutan, didapat

$$T_j - i > R_i + \frac{\delta_d}{v_j} \quad (2.13)$$

Dengan pengembangan sederhana persamaan ini, jelas bahwa waktu antar kedatangan rata-rata yang di butuhkan $E[T_{ij}]$ untuk melakukan n keberangkatan di antara dua kedatangan diberikan oleh persamaan berikut.

$$E[T_{ij}] \geq E[R_i] + E\left[\frac{\delta_d}{V_j}\right] + (n-1) E[T_d] \quad (2.14)$$

dimana

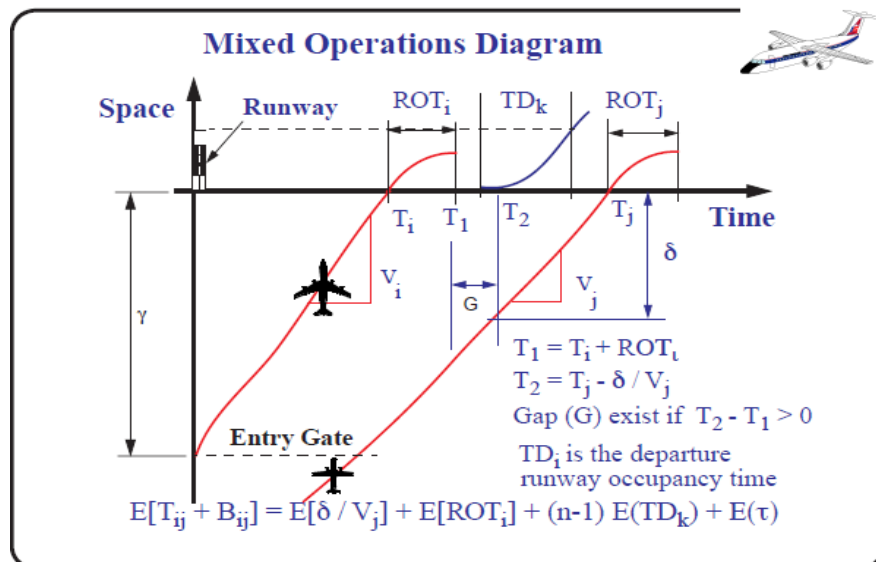
$E[T_{ij}]$ = waktu dimana pesawat yang ada di depan (i) dan yang ada di belakang (j), melewati ambang kedatangan.

$E[R_i]$ = waktu pemakaian *runway* untuk suatu kedatangan.

δ_d = pemisahan minimum di antara kedatangan.

V_j = kecepatan pada saat mendekati landasan dari pesawat di belakang dari kelas j.

$E[T_d]$ = waktu pelayanan yang di butuhkan untuk keberangkatan.



Gambar 2.11 Diagram waktu-jarak untuk jarak antarkedatangan, operasi campuran pada suatu sistem *runway*

Sumber: (Trani, 2001)

Harus diingat bahwa suku terakhir dalam persamaan 2.14 adalah nol apabila hanya satu keberangkatan yang akan disisipkan di antara dua kedatangan. Suatu faktor kesalahan σ_G dapat ditambahkan pada persamaan di atas untuk memperhitungkan pelanggaran terhadap perbedaan jarak.

Kapasitas *runway* pada operasi campuran diberikan pada persamaan berikut :

$$C_m = \frac{1}{E(\Delta T_{ij})} (1 + \sum n_d p_{nd}) \quad (2.15)$$

dimana

C_m = kapasitas *runway* untuk operasi campuran.

$E(\Delta T_{ij})$ = nilai waktu antar kedatangan.

n_d = jumlah keberangkatan yang dapat dilakukan di antara dua kedatangan.

p_{nd} = probabilitas jumlah keberangkatan n_d dapat dilakukan.

2.3.7. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kapasitas Sistem *Runway*

Kapasitas dari sistem *runway* dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

a. Pengawasan Lalu Lintas Udara

Dalam pengawasan lalu lintas udara terdapat aturan yang melarang dua pesawat udara berada pada *runway* saat bersamaan sehingga hal itu dapat membatasi penggunaan *runway* atau mengurangi kapasitas operasionalnya.

b. Karakteristik Permintaan

Karakteristik permintaan mempengaruhi penggunaan *runway* untuk pendaratan, yang selanjutnya berdampak pada ketersediaan waktu bagi pesawat udara yang akan bertolak. Sehubungan dengan hal itu, yang cukup kuat menentukan kapasitas *runway* ialah proporsi jumlah semua pesawat udara yang datang pada suatu waktu tertentu.

c. Lingkungan

Faktor lingkungan yang cukup berpengaruh pada kapasitas *runway* ialah batas penglihatan (*visibility*), kondisi permukaan *runway*, arah dan kecepatan angin, dan ketentuan tentang pembatasan kebisingan.

d. Rancang Bangun

Denah (*layout*) dan keistimewaan rancang bangun (*design*) suatu bandar udara mengandung banyak faktor yang mempengaruhi kapasitas *runway*. Faktor-faktor yang dimaksud terutama menyangkut hal-hal berikut :

1. Jumlah, jarak, panjang dan arah *runway*
2. Jumlah, lokasi, dan rancang bangun *taxiway* keluar
3. Rancang bangun jalan menuju apron (*ramp entrances*)

2.4. *Taxiway*

Taxiway adalah bagian dari fasilitas sisi udara bandara yang dibangun untuk jalan keluar masuk pesawat dari *runway* maupun sebagai sarana penghubung antara beberapa fasilitas seperti *aircraft parking position taxiline*, *apron taxiway*, dan *rapid exit taxiway*.

Dalam buku *Airport Engineering* (Norman J. Ashford, dkk, 2011) dijelaskan bahwa kunci dalam tata letak bandara adalah sistem *taxiway*, yang menghubungkan *runway* ke terminal daerah *gate apron* dan layanan pesawat hanggar. Dalam desain dan tata letak *taxiway*, penekanan utama adalah untuk menyediakan kelancaran arus dan efisien dari pesawat sepanjang *taxiway*. *Taxiway* harus dirancang dengan kapasitas maksimum dan aman. Kapasitas *taxiway* adalah jumlah maksimum operasi pesawat ditampung pada komponen *taxiway* di bandara. Terdapat tiga jenis *taxiway* berdasarkan letaknya, antara lain:

1. *Parallel Taxiway*

Parallel taxiway adalah *taxiway* yang konfigurasi sejajar dengan *runway*. *Parallel taxiway* ini menghubungkan *taxiway* biasa ataupun *exit taxiway* dengan *apron*. Berdasarkan panjangnya *parallel taxiway* dibedakan atas dua jenis:

- *Parallel taxiway* penuh, yaitu *parallel taxiway* yang panjangnya sama dengan panjang *runway*.
- *Parallel taxiway* tak penuh, yaitu *parallel taxiway* yang panjangnya kurang dari panjang *runway*.

Parallel taxiway mempunyai keuntungan dibandingkan yang lainnya jika ditinjau dari aspek keselamatan dan menambah efisiensi pengoperasian. Jenis *taxiway* ini memungkinkan untuk pendaratan pesawat untuk keluar *runway* lebih cepat dan mengurangi penundaan pesawat lain yang menunggu untuk menggunakan *runway* (Norman J. Ashford, dkk, 2011) .

2. Apron Taxiway

Apron taxiway adalah *taxiway* yang terletak didekat *apron*. Secara umum *apron taxiway* dibedakan atas dua jenis, yaitu:

- *Taxiway* yang terletak didekat *apron* dan dimasukkan sebagai jalan pintas pesawat dari *apron* ke *taxilane* dimana pesawat akan parkir.
- *Taxilane*, yaitu bagian dari *apron* yang diperuntukan bagi jalan hubung ke areal parkir.

3. Cross Taxiway

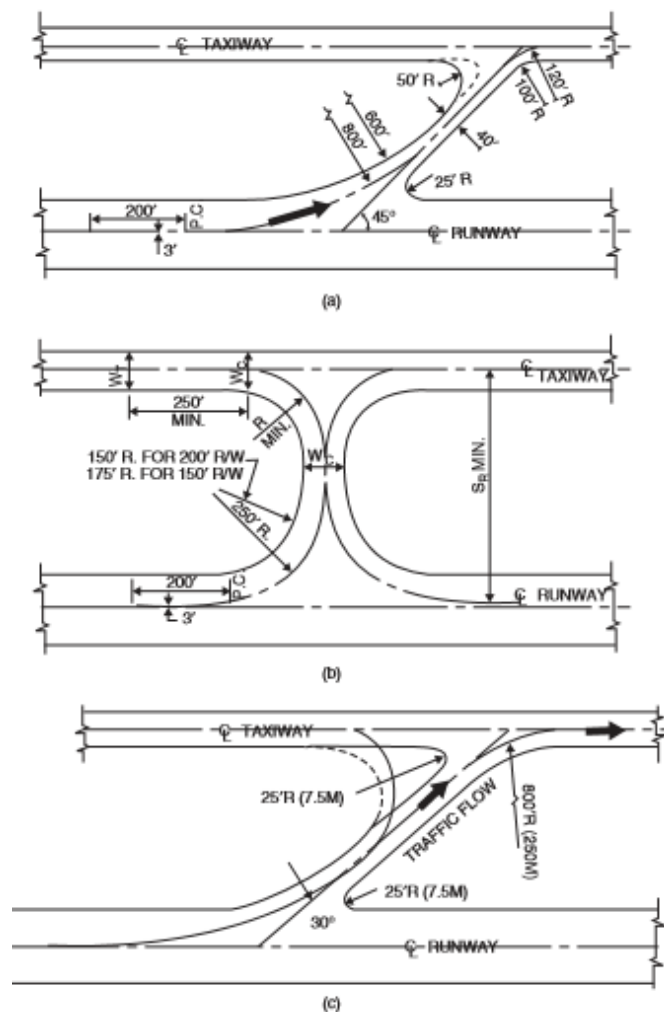
Cross taxiway merupakan *taxiway* yang berfungsi untuk menghubungkan dua *runway* yang berdekatan sehingga pemanfaatan kedua *runway* dapat dilakukan secara optimal. Jenis *taxiway* seperti ini biasanya baru diadakan jika terdapat dua *runway* sejajar dalam suatu bandar udara.

Pada saat di *taxiway* kecepatan pesawat terbang lebih rendah dibandingkan saat di *runway* ketika pesawat terbang melakukan *take-off* atau *landing*. Kecepatan *taxiing* biasanya 5 sampai 20 knot (9-37 km/h atau 6-23 mph). Dengan demikian, *standar* perencanaan geometrik *taxiway* tidak seperti perencanaan pada *runway*. Berikut ini adalah faktor yang perlu diperhatikan dalam perencanaan *taxiway*, yaitu :

- Panjang *taxiway*
- Lebar *taxiway*
- Lebar area keselamatan (*safety area*)
- Kemiringan longitudinal
- Kemiringan melintang
- Perubahan kemiringan longitudinal
- Jarak pandang pada *taxiway*
- Radius putar pesawat pada persilangan atau *fillet* (lebar perkerasan yang diperlukan)
- Jarak pemisahan yang cukup antara *taxiway* dan *runway*, dan diantara dua *taxiway* yang paralel/sejajar.

2.4.1. Exit Taxiway

Exit taxiway adalah landasan penghubung yang digunakan oleh pesawat terbang setelah melakukan *landing* untuk meninggalkan *runway* menuju apron, *exit taxiway* berfungsi untuk memperpendek masa penggunaan *runway* pada saat pendaratan pesawat di *runway*. *Exit taxiway* disebut sebagai *high speed taxiway* jika sudut beloknya sekitar $30^{\circ} - 45^{\circ}$.



Gambar 2.12 Sudut *exit taxiway* (a) sudut *exit* untuk pesawat kecil, (b) sudut *exit* 90° , (c) sudut *exit* untuk pesawat besar
Sumber: (Norman J. Ashford, dkk, 2011)

Penentuan lokasi *exit taxiway* tergantung pada komposisi pesawat yang dilayani, jumlah *exit taxiway*, kecepatan dan perlambatan pesawat. Jumlah *exit taxiway* direncanakan mampu mengakomodasi lalu lintas pergerakan pesawat pada jam puncak.

Prinsip dasar penggunaan *exit taxiway* adalah sebagai berikut :

1. Fungsi *exit taxiway* adalah untuk mengurangi *runway occupancy time*, terutama bagi pelayanan pesawat yang mendarat.
2. *Exit taxiway* dirancang untuk memungkinkan pesawat meninggalkan *runway* dengan segera setelah mendarat, sehingga pesawat lain dapat segera menggunakan *runway* tersebut.
3. Suatu *taxiway* dapat mempunyai bentuk geometrik yang tegak lurus (*right angle*) ataupun dengan suatu sudut tajam (*acute angle*).
4. Pada dasarnya penempatan *taxiway* dikedua ujung *runway* telah cukup untuk mengakomodasikan kebutuhan pelayanan *take-off*. Tetapi jika lalu lintas dirasa mulai berkembang, maka pengadaan *bypass*, *holding bay* ataupun *multiple taxiway* akan diperlukan.

2.5. *Apron*

Apron merupakan fasilitas sisi udara yang disediakan sebagai tempat bagi pesawat saat melakukan kegiatan menaikkan dan menurunkan penumpang, muatan pos dan kargo dari pesawat, pengisian bahan bakar, parkir dan perawatan pesawat. Apron merupakan bagian bandar udara yang melayani terminal sehingga harus dirancang sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik terminal tersebut. Beberapa pertimbangannya antara lain:

1. Menyediakan jarak paling pendek antara *runway* dan tempat pesawat berhenti.
2. Memberikan keleluasaan pergerakan pesawat untuk melakukan manuver sehingga mengurangi tundaan.
3. Memberikan cukup cadangan daerah pengembangan yang dibutuhkan jika nantinya terjadi peningkatan permintaan penerbangan atau perkembangan teknologi pesawat terbang.
4. Memberikan efisiensi, keamanan, dan kenyamanan pengguna secara maksimum.
5. Meminimalkan dampak lingkungan

2.5.1. Kapasitas Gate Apron

Kapasitas gate merupakan kemampuan dari sejumlah *gate* tertentu untuk mengakomodasi proses bongkar muat pesawat dalam kondisi permintaan yang terus menerus. Jumlah maksimum pesawat yang pengoperasiannya dapat diakomodasi oleh komponen grup gate apron (*gate capacity*) bergantung pada:

1. Komposisi parkir pesawat pada gate-apron
2. Pelayanan dasar pesawat dan karakteristik pemuatan penumpang
3. Jumlah dan gabungan dari gate dan area berdasarkan kategori
4. Pelaksanaan penjadwalan pesawat

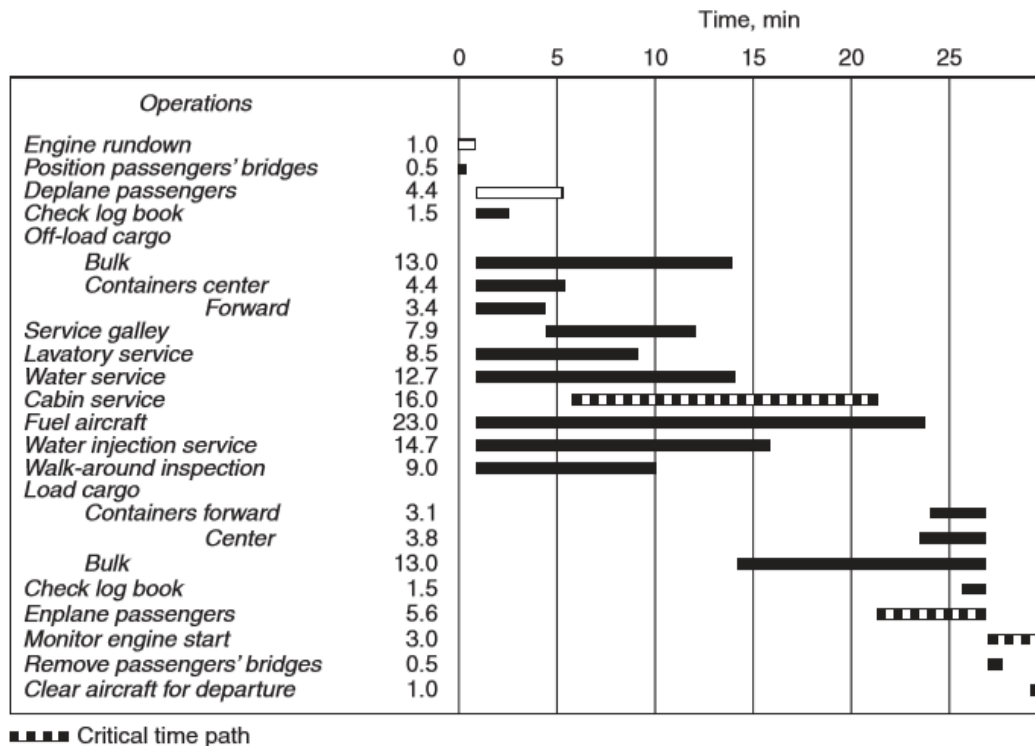
2.5.2. Waktu Pemakaian Gate

Waktu pemakaian gate (*gate occupancy time*) bergantung pada ukuran pesawat dan tipe operasi penerbangan di suatu bandara. Variabel-variabel yang mempengaruhi *gate occupancy time* antara lain:

1. Tipe pesawat
2. Apakah penerbangan transit (*through flight*) atau *turn around flight*.
3. Volume penurunan dan kenaikan penumpang per penerbangan
4. Jumlah bagasi dan surat-surat per penerbangan
5. Produktivitas pelayanan maskapai dan efisiensi petugas di apron
6. Penggunaan khusus oleh sebuah maskapai atau pesawat tertentu dan ketersediaannya untuk seluruh pengguna.

Untuk pesawat transfer mungkin hanya memerlukan waktu 20 – 30 menit parkir karena hanya memerlukan sedikit pelayanan. Sedangkan untuk pesawat dengan *turn around flight* memerlukan pelayanan keseluruhan sehingga memerlukan waktu parkir selama 40 menit sampai lebih dari 1 jam. Pada umumnya faktor pemakaian *parking stand* atau *gate utilization factor* rata-rata di suatu bandar udara bervariasi antara 0,5 sampai 0,8. Hal tersebut dikarenakan waktu gerak manuver pesawat masuk ataupun keluar dari gate akan menghalangi pesawat lainnya untuk masuk ataupun keluar apron gate sekitarnya sehingga sulit untuk mencapai *gate utilization factor* 1. Faktor lain yang mempengaruhi *gate utilization factor* adalah strategi penggunaan *parking stand* yang digunakan. Pada bandara dimana *parking stand* dipergunakan oleh berbagai perusahaan

penerbangan, gate utilization factor berkisar antara 0,6 sampai 0,8 sedangkan bila *parking stand* digunakan khusus untuk satu badan penerbangan tentu saja faktor ini berkurang menjadi sekitar 0,5 atau 0,6. Kegiatan yang dilakukan pesawat saat di apron dapat dilihat pada gambar 2.13.



Gambar 2.13 Waktu pelayanan kegiatan pesawat di apron
Sumber: (horenjeff dkk, 2010)

Gambar 2.13 merupakan kegiatan pesawat di apron yang mempunyai waktu pelayanan masing-masing. Berdasarkan waktu pelayanan kegiatan pesawat tersebut, dapat diketahui estimasi keseluruhan waktu yang dibutuhkan oleh sebuah pesawat dalam menggunakan sebuah gate. Apabila terdapat salah satu kegiatan yang dilakukan tidak sesuai dengan estimasi waktu yang telah direncanakan, maka akan mempengaruhi proses kegiatan yang lain dan menyebabkan *delay* untuk penerbangan selanjutnya. Namun apabila seluruh kegiatan berjalan sesuai dengan estimasi waktu yang direncanakan, diharapkan tidak akan terjadi *delay* sehingga waktu pemakaian gate menjadi lebih efisien.

2.6. Sistem Navigasi Transportasi Udara

Sistem navigasi ditujukan agar pesawat tidak tersesat dalam melakukan penerbangan. Panel-panel instrument navigasi pada kokpit pesawat memberikan berbagai informasi untuk system navigasi mulai dari informasi arah dan ketinggian pesawat. Teknik yang digunakan untuk navigasi di udara akan tergantung pada pesawat yang terbang, yakni pesawat menggunakan *Visual Flight Rules (VFR)* atau *Instrument Flight Rules (IFR)*

2.6.1. Fasilitas Navigasi di Bandara

Fasilitas navigasi adalah salah satu prasarana penunjang operasi bandara. Fasilitas ini dibagi menjadi dua kelompok peralatan, yaitu:

1. Peralatan pengamatan penerbangan

a. *Primary Surveillance Radar (PSR)*

PSR merupakan peralatan untuk mendeteksi dan mengetahui posisi dan data target yang ada di sekelilingnya secara pasif, di mana pesawat tidak ikut aktif jika terkena pancaran sinyal RF radar primer. Pancaran tersebut dipantulkan oleh badan pesawat dan dapat diterima di system penerima radar.

b. *Secondary Surveillance Radar (SSR)*

SSR merupakan peralatan untuk mendeteksi dan mengetahui posisi dan data target yang ada di sekelilingnya secara aktif, di mana pesawat ikut aktif jika menerima pancaran sinyal RF radar sekunder. Pancaran radar ini berupa pulsa-pulsa mode, pesawat yang dipasang transponder, akan menerima pulsa-pulsa tersebut dan akan menjawab berupa pulsa-pulsa code ke system penerima radar.

c. *Air Traffic Control Automation (ATC Automation)* terdiri dari RDPS, FDPS. *ADBS-B Processing* dan *ADS-C Processing*.

d. *Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B)* dan *Automatic Dependent Surveillance Contract (ADS-C)* merupakan teknologi pengamatan yang menggunakan pemancaran informasi posisi oleh pesawat sebagai dasar pengamatan.

- e. *Airport Surface Movement Ground Control System (ASMGCS)*
- f. *Multilateration*
- g. *Global Navigation Satellite System*

2. Peralatan rambu udara radio

Peralatan rambu udara radio yaitu peralatan navigasi udara yang berfungsi memberikan signal informasi berupa bearing (arah) dan jarak pesawat terhadap *Ground Station*, yang terdiri dari peralatan:

a. Non Directional Beacon (NDB)

Fasilitas navigasi penerbangan yang bekerja dengan menggunakan frekuensi rendah (*low frequency*) dan dipasang pada suatu lokasi tertentu di dalam atau di luar lingkungan Bandar udara sesuai fungsinya.

b. VHF Omnidirectional Range (VOR)

Fasilitas navigasi penerbangan yang bekerja dengan menggunakan frekuensi radio dan dipasang pada suatu lokasi tertentu di dalam atau di luar lingkungan Bandar udara sesuai fungsinya.

c. Distance Measuring Equipment (DME)

Alat Bantu navigasi penerbangan yang berfungsi untuk memberikan panduan/informasi jarak bagi pesawat udara dengan stasiun DME yang dituju (*Stant range distance*). Penempatan DME pada umumnya berpasangan (*collocated*) dengan VOR atau *Glide Path ILS* yang ditempatkan di dalam atau di luar lingkungan bandara tergantung fungsinya.

2.6.2. Pemandu Lalu lintas Bandara

Pemandu lalu lintas udara atau *Air traffic controller (ATC)* merupakan pengatur lalu lintas udara yang tugas utamanya mencegah pesawat terlalu dekat satu sama lain dan menghindarkan dari tabrakan (*marking separation*). Selain tugas separation, ATC juga bertugas mengatur kelancaran arus *traffic (traffic flow)*, membantu pilot dalam handle keadaan darurat, dan memberikan

informasi yang dibutuhkan pilot yakni, *weather information* atau informasi cuaca, *traffic information*, *navigation information*, dll.

ATC merupakan rekan dekat seorang pilot disamping unit lainnya, peran ATC sangat besar dalam tujuan penerbangan. Semua aktifitas pesawat didalam area pergerakan diharuskan mendapat izin terlebih dahulu melalui ATC, dimana nantinya ATC akan memberikan informasi, instruksi, clearance atau izin kepada pilot sehingga tercapai tujuan keselamatan penerbangan. Semua komunikasi antara ATC dengan pilot dilakukan dengan peralatan yang sesuai dan memenuhi aturan.

Sesuai dengan *Civil Aviation And Safety Regulation* (CASR) dan *International Civil Aviation Organization* (ICAO) dalam *Annex 11 air traffic service, chapter 2 air traffic service planning 2.2* (1998), lima tujuan dari pelayanan lalu lintas udara, yaitu:

1. Mencegah tabrakan antar pesawat di udara.
2. Mencegah pesawat di daerah pergerakan dengan halangan lainnya.
3. Mempertahankan keteraturan dan kelancaran arus lalu lintas penerbangan.
4. Memberi saran dan informasi untuk keselamatan dan efisiensi untuk penerbangan.
5. Memberitahukan instansi yang berkaitan dengan pesaawat yang membutuhkan pertolongan unit SAR (*Search and Rescue*) dan membantu instansi tersebut apabila diperlukan.

Menurut *International Civil Aviation Organisation* (ICAO) Circular 241-AN/45, pemandu lalu lintas udara harus mampu merencanakan pengaturan lalu lintas udara, melaksanakan rencana tersebut, mengambil keputusan, menyelesaikan masalah, dan merumuskan prediksi-prediksi.

2.6.3. Jenis Pelayanan Pemandu Lalu Lintas Udara

Sesuai dengan tujuan pemberian air *traffic service Anex 11 International Civil Aviation Organisation* (ICAO) 1998 dan peraturan pemerintah nomor.77 tahun 2012 tentang perum lembaga penyelenggara pelayanan navigasi penerbangan Indonesia pasal 13 ayat 2 menjelaskan tentang pelayanan

penerbangan (*Air Traffic Service/ATS*) terdiri atas pelayanan pemanduan lalu lintas penerbangan (*Air Traffic Control Service*); pelayanan informasi penerbangan (*Flight Information Service*); pelayanan kesiagaan (*Alerting Service*).

1. *Air Traffic Control Service*

Pelayanan lalu lintas udara (*air traffic control service*) terbagi dalam tiga bagian yakni:

a. *Aerodrome Control Service*

Memberikan layanan *Air Traffic Control Service*, *Flight Information Service*, dan *Alerting Service* yang diperuntukkan bagi pesawat terbang yang beroperasi atau berada di bandar udara dan sekitarnya (*vicinity of aerodrome*) seperti *take off*, *landing*, *taxiing*, dan yang berada di kawasan *manoeuvring area*, yang dilakukan di menara pengawas (*control tower*). Unit yang bertanggung jawab memberikan pelayanan ini disebut *Aerodrome Control Tower* (ADC).

b. *Approach Control Service*

Memberikan layanan *Air Traffic Control Service*, *Flight Information Service*, dan *Alerting Service*, yang diberikan kepada pesawat yang berada di ruang udara sekitar bandar udara, baik yang sedang melakukan pendekatan maupun yang baru berangkat, terutama bagi penerbangan yang beroperasi terbang instrumen yaitu suatu penerbangan yang mengikuti aturan penerbangan instrumen atau dikenal dengan *Instrument Flight Rule* (IFR). Unit yang bertanggung jawab memberikan pelayanan ini disebut *Approach Control Office* (APP).

c. *Area Control Service*

Memberikan layanan *Air Traffic Control Service*, *Flight Information Service*, dan *Alerting Service*, yang diberikan kepada penerbang yang sedang menjelajah (*en-route flight*) terutama yang termasuk penerbangan terkontrol (*controlled flights*). Unit yang bertanggung jawab memberikan pelayanan ini disebut *Area Control Centre* (ACC).

2. FIS (*Flight Information Service*)

FIS (*Flight Information Service*) merupakan bentuk pelayanan lalu lintas udara yang tersedia untuk setiap pesawat dalam *Flight Information Region* (FIR) yang disepakati secara internasional oleh ICAO. FIR merupakan ruang udara tertentu yang menyediakan layanan informasi penerbangan dan layanan peringatan. Saat ini FIR adalah pembagian ruang udara terbesar yang masih digunakan. FIR sudah ada sejak 1947, pada setiap bagian atmosfer bumi adalah bagian dari sebuah FIR. Untuk ruang udara pada negara-negara kecil dicakup oleh satu FIR, sedangkan ruang udara pada negara-negara besar dibagi menjadi beberapa FIR regional.

Pengendalian lalu lintas udara Indonesia terbagi atas dua wilayah FIR yakni FIR Jakarta dan FIR Ujung Pandang (Makassar) dengan dibantu FIR Singapura untuk sector A, B dan C (wilayah diatas Batam, Matak dan Natuna).



Gambar 2.14 Wilayah FIR Indonesia
Sumber: <http://www.airnavindonesia.co.id/>

FIS didefinisikan sebagai informasi yang berkaitan dengan keselamatan, keamanan, dan efisiensi untuk operasi penerbangan yang mencakup informasi tentang lalu lintas penerbangan. Informasi penerbangan mencakup:

- Informasi meteorologi
- Informasi tentang aerodrome
- Informasi tentang kemungkinan bahaya untuk penerbangan

FIS harus disediakan untuk semua jenis pesawat yang dilengkapi dengan layanan pengendalian lalu lintas udara (ATC). Semua unit pelayanan lalu lintas udara akan memberikan FIS untuk pesawat apapun. FIS sangat bermanfaat bagi bandara, karena FIS merupakan sebuah sistem yang konsisten dan akurat dalam sistem operasional, efektif mengendalikan proses operasional, perencanaan produktivitas dan pengukuran, peningkatan dalam penanganan (penumpang/barang/pesawat), pelaporan yang fleksibel, serta kualitas informasi yang baik.

3. Alerting Service

Alerting Service adalah pelayanan yang dilakukan dengan memberitahukan instansi terkait yang tepat, mengenai pesawat udara yang membutuhkan pertolongan *search and rescue unit* dan membantu instansi tersebut, apabila diperlukan.

Dalam *Air Traffic Services, Annex 11, International Civil Aviation Organization (ICAO)*, 1998, *Flight Information Service* dan *Alerting Service* diberikan oleh :

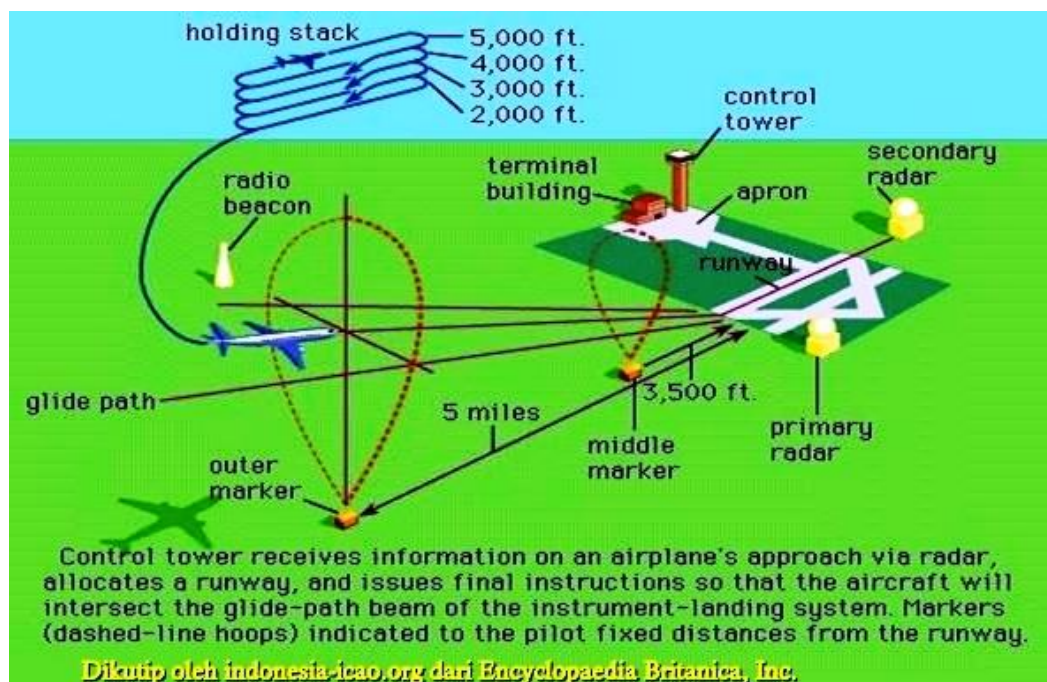
- Di dalam *Flight Information Region* oleh *Flight Information Centre (FIC)*, kecuali jika tanggung jawab tersebut diserahkan kepada unit *Air Traffic Control* yang memiliki fasilitas untuk itu.
- Di dalam *Controlled Airspace* oleh unit *Air Traffic Control* yang terkait yaitu jika di *control zone* oleh *approach control office*, jika di *control area* oleh *area control centre* dan jika di *vicinity of controlled aerodrome* oleh *aerodrome control tower*.

2.6.4. Sistem Pendaratan Pesawat

Sistem pendaratan pesawat atau *Instrument Landing System (ILS)* adalah suatu sistem peralatan yang ada di bandar udara yang digunakan untuk

memandu pesawat dalam melakukan pendaratan dengan aman dan lancar. *Instrument Landing System* menggunakan dua transmisi. Transmisi yang pertama berfungsi untuk memandu pesawat menuju *runway*, transmisi yang kedua menginformasikan tentang ketinggian pesawat dari *runway*.

Alur pendaratan pesawat terbang dengan dipandu ILS yakni setelah memberi tahu pada bandara yang dituju, awak pesawat menunggu instruksi dari petugas *Air Traffic Control*. Pesawat akan diarahkan oleh ILS melalui radio beacon untuk menentukan arah pendaratan agar tepat pada tengah tengah *runway*.



Gambar 2.15 Alur pendaratan pesawat
Sumber: <http://indonesia-icao.org>

Pada gambar 2.13 mengenai alur pendaratan pesawat digambarkan terdapat area holding. Penggunaan area holding ini ditujukan untuk menunda pesawat yang telah tiba di bandara akan tetapi tidak dapat mendarat karena beberapa permasalahan. Permasalahan tersebut disebabkan karena tingginya volume pergerakan pesawat, cuaca buruk, kondisi *runway* yang belum dapat digunakan akibat kerusakan pavement atau keadaan darurat.

Posisi holding dapat ditentukan berdasarkan *VHF Omnidirectional Range* (VOR), *Non Directional Beacon* (NDB), atau Fix (*intersection/waypoint*) tertentu, posisi tersebut dinamakan *holding fix*. Pola holding adalah race track

yang dirancang dengan mempertimbangkan clearance dari obstacle (menara, bangunan, gunung, dll). Beberapa pesawat dapat terbang dengan pola holding yang sama pada saat yang sama dan dipisahkan secara vertical dengan ketinggian 1000ft atau lebih. Seperti pada gambar 2.12 hal tersebut umumnya digambarkan sebagai holding stack.



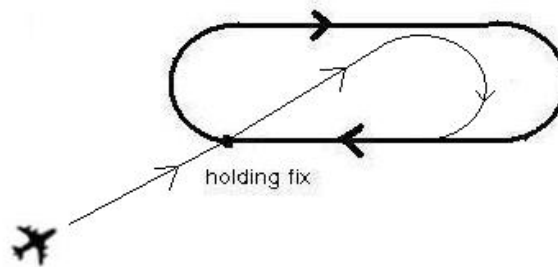
Gambar 2.16 *Holding Pattern*
<http://www.ilmuterbang.com>

Saat pesawat akan memasuki *holding area*, pesawat harus menurunkan kecepatan dalam waktu 3 menit. Mengurangi kecepatan di *holding area* ditujukan untuk mengurangi bahan bakar pesawat. Kecepatan maksimum di holding pattern berbeda-beda tergantung jenis pesawat. Untuk mengetahui batasan holding berdasarkan ICAO dapat dilihat tabel 2.1

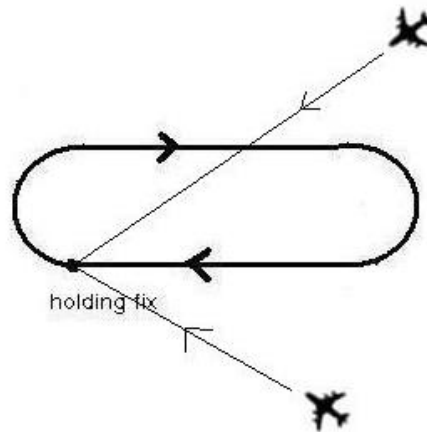
Tabel 2.1 Batas kecepatan pesawat saat holding

Ketinggian	Kondisi Normal	Kondisi Turbulence
≤ 14000 ft	230 knots, (170 knots untuk pesawat kategori A dan B)	280 knots, (170 knots untuk pesawat kategori A dan B)
14000 – 20000 ft	240 knots	280 knots atau Mach 0.8, yang lebih kecil
20000 – 34000 ft	265 knots	
>34000 ft	Mach. 0.83	Mach. 0.83

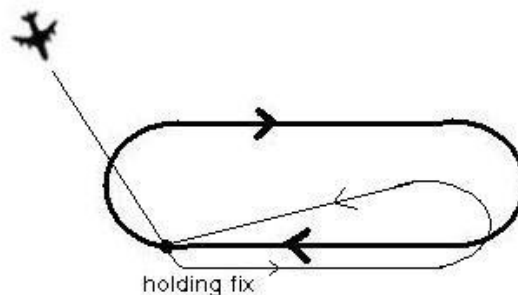
Untuk memasuki area holding, pesawat membutuhkan *entry* yang tepat agar pesawat tetap berada di *protected area*. Terdapat tiga cara *entry* pesawat saat di holding.



Gambar 2.17 Posisi entry direct
<http://www.ilmuterbang.com/>



Gambar 2.18 Posisi entry teardrop
<http://www.ilmuterbang.com/>



Gambar 2.19 Posisi entry paralel
<http://www.ilmuterbang.com/>

Urutan pendaratan pesawat yakni pesawat yang berada paling bawah area holding akan dipandu keluar dan diijinkan oleh ATC untuk melakukan

approach, setelah itu semua pesawat yang berada di holding stack akan bergerak turun satu tingkat dan seterusnya. Proses selanjutnya pesawat akan terus dipandu oleh ATC dalam melakukan pendaratan yang aman sampai menuju *parking stand* yang ditentukan.

2.7. Aturan Pemisahan Pesawat

Dalam Annex 2 – Rules of Air distandarkan berbagai peraturan tentang operasional penerbangan. Dua aturan utama dalam dunia penerbangan sipil adalah:

1. Visual Flight Rules (VFR)
2. Instrument Flight Rules (IFR)

VFR (Visual Flight Rules) adalah cara menerbangkan pesawat terbang dengan hanya melihat kompas dan daratan dengan mengikuti tanda-tanda alam seperti sungai, gunung, pantai atau juga mengikuti jalan raya sebagai acuan. Cara seperti ini dilakukan pada awal perkembangan dunia penerbangan, akan tetapi cara terbang seperti VFR ini mempunyai keterbatasan, salah satunya keadaan cuaca dan jarak pandang yg harus bagus. Keadaan cuaca seperti hujan dan kabut bisa mengakibatkan jarak pandang yg berkurang. Kondisi cuaca untuk menerbangkan pesawat dengan cara/aturan VFR disebut VMC (Visual Meteorological Condition).

Dibeberapa negara aturan utama tersebut telah berkembang sehingga bertambah menjadi Special Visual Flight Rules (SVFR), dan memiliki ragam batasan dari beberapa negara . SVFR tidak ditentukan atau ditawarkan oleh ATC, artinya dapat diijinkan atau tidak. SVFR merupakan bentuk pelayanan yang biasanya diminta oleh penerbang yang akan melakukan penerbangan dengan VFR di bawah kondisi VMC (*visual meteorological condition*) yaitu kondisi cuaca yang kurang baik secara visual.

Seiring perkembangan teknologi penerbangan yang mampu membuat pesawat terbang semakin cepat, semakin tinggi serta sistem navigasi semakin canggih, penerbang tidak punya waktu atau bahkan tidak bisa menerbangkan pesawat dgn rujukan posisi di darat seperti terbang dengan cara VFR. Teknologi

penerbangan memungkinkan penerbang hanya mengikuti panduan instrument di dalam pesawat. Aturan cara terbang seperti ini disebut IFR (*Instrument Flight Rules*), yang disediakan oleh pemandu lalu lintas udara yang ada di bandara. Kondisi cuaca untuk menerbangkan pesawat dengan cara/aturan IFR disebut IMC (*Instrument Meteorological Condition*).

Jarak antara dua pesawat yang akan beroperasi pada *runway* diatur sesuai dengan keadaan IFR dalam kondisi cuaca IMC atau VFR dalam kondisi cuaca VMC. Berikut adalah aturan jarak pemisahan pesawat untuk masing-masing karakteristik pesawat.

Tabel 2.2 Jarak minimum *Arrival-Arrival* Separation Pada Kondisi IMC

Minimum Separation Matrix (nm)				Arrivals-Arrivals
lead	Trailing			
	Small	Large	Heavy	
Small	3	3	3	
Large	5	3	3	
Heavy	6	5	3	

Tabel 2.3 Jarak minimum *Departure – Departure* Separation Pada Kondisi IMC

Minimum Separation Matrix (seconds)				Departure-Departure
Lead	Trailing			
	Small	Large	heavy	
Small	60	60	60	
Large	60	60	90	
Heavy	120	120	120	

Tabel 2.4 jarak minimum *arrival – arrival* pada kondisi VMC

Minimum Separation Matrix (nm)				Arrivals-Arrivals
Lead	Trailing			
	Small	Large	heavy	
Small	2,4	2,4	2,4	
Large	5	2,4	2,4	
Heavy	6	4	2,7	

Tabel 2.5 jarak minimum *departure-departure* pada kondisi VMC

Minimum Separation Matrix (nm)			Arrivals-Arrivals
Lead	Trailing		
	Small	Large	heavy
Small	50	50	50
Large	50	50	75
Heavy	90	90	90

2.8. Karakteristik Pesawat

Sebelum merancang pengembangan sebuah lapangan terbang, dibutuhkan pengetahuan karakteristik pesawat terbang secara umum untuk merencanakan prasarananya. Karakteristik pesawat terbang antara lain:

- Berat (*Weight*)

Berat pesawat diperlukan untuk merencanakan tebal perkerasan dan kekuatan *runway*.

- Ukuran (*Size*)

Lebar dan panjang pesawat (*Fuselage*) mempengaruhi dimensi *runway*.

- Kapasitas Penumpang

Kapasitas penumpang berpengaruh terhadap perhitungan perencanaan kapasitas *runway*.

- Panjang *Runway*

Berpengaruh terhadap luas tanah yang dibutuhkan suatu bandar udara.

Bagi pesawat besar, yang sangat menentukan kebutuhan panjang landasan adalah jarak yang akan ditempuh sehingga menentukan berat lepas landas (*Take off Weight*). Karakteristik dari beberapa pesawat terbang dapat dilihat pada Tabel 2.1 dibawah ini:

Tabel 2.6 Karakteristik Pesawat

Jet Aircraft between 100,000 and 250,000 lb MSTOW* (Narrow Body Jets)									
Aircraft	Manufacturer	Wingspan	Length	Wheel Base	Wheel Track	MSTOW* (lb)	# Engines	Avg. # Seats	Runway Required (ft)*
A-319	Airbus Industrie	111'25"	111'02"	41'33"	24'93"	141,095	2	140	5,800
MD-87	McDonnell-Douglas	107'10"	130'05"	62'11"	16'08"	149,500	2	135	7,600
MD-90-30	McDonnell-Douglas	107'10"	152'07"	77'02"	16'08"	156,000	2	165	6,800
A-320-200	Airbus Industrie	111'03"	123'03"	41'05"	24'11"	158,730	2	160	5,700
B-737-800	Boeing	112'06"	124'11"	50'09"	18'8"	172,445	2	175	
B-727-200	Boeing	108'00"	153'03"	63'03"	18'09"	184,800	3	165	8,600
B-757-200	Boeing	124'10"	155'03"	60'00"	24'00"	220,000	2	210	5,800
A310-300	Airbus Industrie	144'00"	153'01"	49'11"	31'06"	330,690	2	240	7,500
B-767-300	Boeing	156'01"	180'03"	74'08"	30'06"	345,000	2	275	8,000
A-300-600	Airbus Industrie	147'01"	175'06"	61'01"	31'06"	363,765	2	310	7,600
L-1011-500	Lockheed	164'04"	164'03"	61'08"	36'00"	510,000	3	290	9,200
B-777-200	Boeing	199'11"	209'01"	84'11"	36'00"	535,000	2	375	8,700
DC-10-40	McDonnell-Douglas	165'04"	182'03"	72'05"	35'00"	555,000	3	325	9,500
A-340-200	Airbus Industrie	197'10"	195'00"	62'11"	16'09"	558,900	4	320	7,600
DC-10-30	McDonnell-Douglas	165'04"	182'03"	72'05"	35'00"	572,000	3	320	9,290
MD-11	McDonnell-Douglas	170'06"	201'04"	80'09"	35'00"	602,500	3	365	9,800
B-747SP	Boeing	195'08"	184'09"	67'04"	36'01"	630,000	4	315	7,000
B-747-400	Boeing	213'00"	231'10"	84'00"	36'01"	800,000	4	535	8,800

Sumber: (horenjeff dkk, 2010)

Menurut Basuki (1984), beberapa macam berat pesawat yang berhubungan dengan operasi penerbangan adalah sebagai berikut.

1. Operating Weight Empty (Berat Kosong Operasi) Merupakan berat dasar pesawat, termasuk crew dan peralatan pesawat, tapi tidak termasuk bahan bakar dan penumpang/barang yang membayar. Berat kosong operasi tidak tetap untuk pesawat-pesawat komersil, besarnya tergantung pada konfigurasi tempat duduk.
2. Payload (muatan) Adalah muatan yang menghasilkan pendapatan (income) total, termasuk penumpang, barang, pos, paket-paket dan express bagasi.

3. Zero Fuel Weight (Berat Pesawat Tanpa Bahan Bakar) Adalah jumlah berat kosong operasi ditambah muatan. Jadi Zero Fuel Weight merupakan berat tanpa bahan bakar saja.
4. Maximum Ramp Weight Merupakan berat maksimum pesawat yang diizinkan untuk melewati *taxiway*. Pada saat pesawat *taxiing* dari apron menuju ujung *runway* dia berjalan dengan kekuatannya sendiri, membakar bahan bakar sehingga kehilangan berat.
5. Maximum Structural *landing* Weight (Berat Pendaratan Struktur Maksimum) Adalah kemampuan pesawat maksimum dalam pendaratan. Struktur roda utama pesawat dirancang untuk menyerap gaya-gaya yang timbul selama pendaratan. Makin besar gaya-gaya itu, maka roda pesawat harus lebih kuat
6. Maximum Structural *Take-off* Weight (Berat Lepas Landas Struktur Maksimum) Adalah berat pesawat maksimum yang diperbolehkan pada pelepasan rem untuk lepas landas. Berat ini tidak termasuk bahan bakar untuk jalan perlahan-lahan dan berpindah. Berat ini meliputi berat kosong operasi, berat bahan bakar untuk perjalanan dan cadangan serta berat muatan.

2.9. Perhitungan Bahan Bakar Operasi Pesawat

Salah satu faktor penting dalam operasi penerbangan pesawat adalah bahan bakar. Penyediaan bahan bakar harus dilaksanakan dengan tepat serta memenuhi persyaratan mutu dan kuantitas agar tercipta kelancaran operasi penerbangan dan terjamin. Selain itu alokasi bahan bakar juga harus sesuai dengan rencana penerbangan yang telah dibuat. Faktor yang mempengaruhi pemakaian bahan bakar pesawat yaitu:

1. Karakteristik dan performa mesin dan sayap (masing-masing model pesawat dan engine berbeda cara kerjanya, usia engine juga berpengaruh terhadap performanya)
2. Berat + beban muatan pesawat (penumpang dan atau barang yang diangkut)
3. Kondisi lingkungan (seperti suhu, temperatur, tekanan, dan kelembaban, angin, dan sebagainya) mempengaruhi ketinggian dan kecepatan optimal pesawat.

4. Posisi heading pesawat, apakah climb/menanjak atau cruise/terbang datar atau berbelok atau descend/menurun.
5. Jenis bahan bakar yang digunakan.

Tabel 2.7 rata-rata konsumsi bahan bakar pesawat jet

Aircraft	Engine	Fuel Consumption, lb/h	Fuel Consumption per Engine lb/h
EMB-145	AE3007A	2,253	1,127
A320-200	CFM56-5A3	4,054	2,027
A-319-100	CFM56-5A4	6,966	3,483
B-737-500	FM56-3B1R	7,879	3,940
B-737-200	JT8B-15A	8,829	4,415
B-757-200	RB211-535E4B	11,109	5,555
B-767-300	CF6-802C2B2F	11,893	5,947
A340-300	CFM-56-5C4	16,093	4,023
B-747-200	RB211-524D4	28,638	7,160

Sumber: (horenjeff dkk, 2010)

Tabel 2.7 merupakan konsumsi bahan bakar pesawat berdasarkan jenis pesawat dan mesin yang digunakan. Konsumsi bahan bakar pesawat berpengaruh terhadap operasional maskapai. Apabila terjadi tundaan dalam penerbangan maka maskapai mengeluarkan biaya lebih untuk bahan bakar pesawat. Megan S. Ryerson (2014) melakukan penelitian tentang pengaruh konsumsi bahan bakar pesawat dan *delay*, disebutkan bahwa pengurangan konsumsi bahan bakar dapat melalui pengurangan *delay* dan peningkatan efisiensi daerah terminal.

2.10. Delay

Kondisi keterlambatan penerbangan pesawat masih seringkali terjadi di Indonesia. Dalam Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 89 Tahun 2015 tentang Penanganan Keterlambatan Penerbangan (*Delay Management*) Pada Badan Usaha Angkutan Udara Niaga Berjadwal di Indonesia, yang dimaksud dengan keterlambatan penerbangan adalah terjadinya perbedaan waktu antara keberangkatan atau kedatangan yang dijadwalkan dengan realisasi waktu keberangkatan atau kedatangan.

Delay penerbangan bisa terjadi untuk rentang waktu 1 jam mundur atau lebih. Akibat keterlambatan penerbangan banyak kerugian yang dialami para penumpang yakni terkait biaya dan waktu. Selain itu *delay* juga merugikan maskapai terkait permasalahan kompensasi yang diberikan kepada penumpang, biaya tambahan bahan bakar, serta operasional kru yang bertugas. *Delay* juga memberikan efek domino bagi rute penerbangan terkait. John Ferguson, dkk (2011) melakukan penelitian terhadap estimasi biaya yang dikeluarkan maskapai akibat *delay*, pengeluaran biaya maskapai karena *delay* cenderung meningkat ketika ada perubahan dalam biaya bahan bakar, jenis pesawat dan beberapa biaya lain.

Di Indonesia aturan mengenai *delay* sudah ditetapkan oleh pemerintah yakni tentang hak penumpang pesawat udara jika terjadi keterlambatan dan pembatalan penerbangan. Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 89 Tahun 2015 mengenai ruang lingkup keterlambatan penerbangan dalam pasal 2 menyebutkan keterlambatan penerbangan terdiri dari:

1. Keterlambatan penerbangan (*flight delayed*);
2. Tidak terangkutnya penumpang dengan alasan kapasitas pesawat udara (*denied boarding passenger*); dan
3. Pembatalan penerbangan (*cancellation of flight*).

Dalam pasal selanjutnya yakni pasal 3, keterlambatan penerbangan dikelompokkan menjadi 6 (enam) kategori keterlambatan, yaitu:

- Kategori 1, keterlambatan 30 menit s/d 60 menit; kompensasi berupa minuman ringan
- Kategori 2, keterlambatan 61 menit s/d 120 menit; kompensasi berupa minuman dan makanan ringan (*snack box*)
- Kategori 3, keterlambatan 121 menit s/d 180 menit; kompensasi berupa minuman dan makanan berat (*heavy meal*)
- Kategori 4, keterlambatan 181 menit s/d 240 menit; kompensasi berupa minuman, makanan ringan (*snack box*), makanan berat (*heavy meal*)

- Kategori 5, keterlambatan lebih dari 240 menit; kompensasi berupa uang ganti rugi Rp. 300.000,00 (tiga ratus ribu rupiah)
- Kategori 6, pembatalan penerbangan; badan usaha angkutan udara wajib mengalihkan ke penerbangan berikutnya atau mengembalikan seluruh biaya tiket (refund ticket)

2.10.2. Faktor Penyebab *Delay*

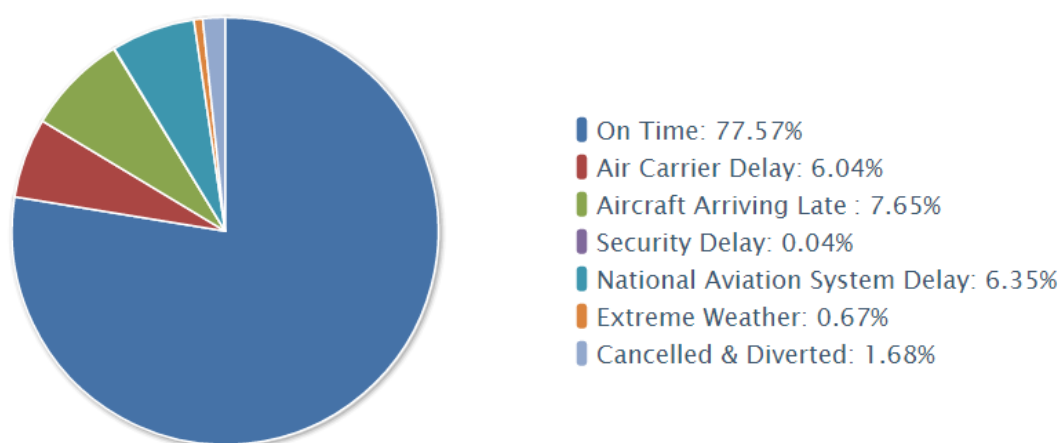
Faktor terjadinya keterlambatan penerbangan (*Delay*) disebabkan oleh hal-hal berikut:

- a. Faktor teknis / maintenance, merupakan keterlambatan karena pesawat yang akan digunakan mengalami gangguan teknis sehingga membutuhkan waktu untuk perbaikan.
- b. Faktor cuaca / alam, merupakan keterlambatan karena cuaca pada bandara keberangkatan, dalam perjalanan maupun bandara tujuan kurang mendukung untuk keselamatan penerbangan. Cuaca tersebut seperti hujan, kabut, asap yang menyebabkan jarak pandang minimal, sehingga operator penerbangan sengaja menunda penerbangan dengan alasan keselamatan.
- c. Adanya kecelakaan / insiden pesawat udara baik pada bandara asal maupun tujuan sehingga otoritas bandara menutup sementara bandara untuk upaya pertolongan / evakuasi, maupun terjadi bencana alam yang tidak terduga sebelumnya.
- d. Pergerakan lalu lintas udara / *traffic movement* sangat padat saat peak hours, sehingga pesawat yang akan mendarat maupun lepas landas harus antri.
- e. Adanya VVIP movement, yang mengharuskan pesawat harus di hold atau diholding untuk memberi kesempatan pada pesawat VVIP.
- f. Adanya beberapa rute penerbangan paralel yang dilayani oleh satu pesawat (misalnya Jayapura – Makassar – Surabaya – Jakarta – Medan), sehingga apabila terjadi *delay* penerbangan sebelumnya, dipastikan terjadi juga pada penerbangan selanjutnya.

- g. Adanya indikasi kesengajaan dari operator penerbangan karena minimnya penumpang, untuk menghindari kerugian karena load factor belum memenuhi target.

Menurut Biro Statistik Transportasi US penyebab terjadinya penundaan keberangkatan pesawat didefinisikan menjadi beberapa kategori.

1. Maskapai penerbangan, hal ini menyangkut permasalahan perawatan, pembersihan pesawat, proses menaikkan penumpang, bongkar muat bagasi, pengisian bahan bakar, dan lain-lain.
2. Keadaan cuaca, seperti cuaca buruk, hujan lebat, badai salju, petir, dan sebagainya.
3. *National Aviation System* (NAS) yang mengacu pada serangkaian kondisi yang lebih luas, seperti operasional bandara, volume lalu lintas yang tinggi, dan juga *Air Traffic Control* (ATC).
4. Keterlambatan kedatangan pesawat, keterlambatan pesawat dari bandara asal menyebabkan pesawat selanjutnya mengalami penundaan.
5. Permasalahan keamanan, penundaan atau pembatalan penerbangan dapat disebabkan oleh evakuasi dari terminal, re-boarding pesawat karena pelanggaran keamanan, peralatan *screening* yang bermasalah atau adanya antrian lebih dari 29 menit pada daerah *screening*.



Gambar 2.20 Presentase penyebab *delay* penerbangan
Sumber: The U.S. Department of Transportation's (DOT) Bureau of Transportation Statistics (BTS)

2.10.3. Hubungan Kapasitas Dan *Delay*

Informasi tentang kapasitas bandara dan *delay* penting untuk perencanaan bandara. Kapasitas digunakan untuk menentukan kemampuan pengolahan suatu fasilitas pelayanan selama jangka waktu tertentu. Untuk mengetahui kapasitas maksimum dari suatu fasilitas pelayanan, harus terdapat permintaan yang berkesinambungan terhadap pelayanan tersebut. Apabila permintaan mendekati kapasitas, penundaan terhadap pesawat terbang akan meningkat. Hal ini terjadi pada Bandara Internasional Juanda, permintaan akan jasa transportasi udara sudah melebihi kapasitas yang ada pada fasilitas bandara. Oleh karena itu perlunya studi mengenai kapasitas dan *delay* untuk menentukan cara-cara yang efektif dan efisien dalam meningkatkan kapasitas dan mengurangi *delay* yang sering terjadi di bandara.

Dalam buku “*Planning and Design of Airports* (horenjeff dkk, 2010)” dikatakan bahwa ada keyakinan kuat dalam komunitas penerbangan, keuntungan yang signifikan dalam efisiensi transportasi udara dapat diwujudkan melalui pemahaman tentang faktor-faktor yang menyebabkan keterlambatan dan dengan penerapan inovasi teknologi dan kebijakan operasional untuk mengurangi *delay*.

2.11. Metode Perhitungan *Peak Hour*

Perhitungan peak hour dalam penelitian ini diperlukan sebagai dasar acuan yang digunakan untuk menentukan kondisi paling maksimum pemakaian *runway*. Berdasarkan data *existing* jumlah rata-rata pergerakan harian di *runway* pada bulan puncak dalam 1 tahun, di dapat *ratio* jumlah pergerakan pesawat total 1 tahun. Dirumuskan sebagai berikut (Pignataro,1973) :

$$R_{month} = \frac{N_{month}}{N_{year}} \quad (2.16)$$

Dimana :

R_{month} = *Peak month ratio*

N_{month} = Jumlah Pergerakan total pesawat di *runway* dalam 1 tahun

N_{year} = Jumlah pergerakan total pesawat di *runway* dalam 1 tahun

Ratio jumlah pergerakan pesawat pada hari puncak terhadap jumlah pergerakan pesawat bulan puncak adalah :

$$R_{day} = \frac{N_{day}}{N_{month}} \quad (2.17)$$

Dimana :

R_{day} = *Peak day ratio*

N_{day} = Jumlah Pergerakan total pesawat di *runway* dalam 1 hari

N_{month} = Jumlah pergerakan total pesawat di *runway* saat bulan puncak

Ratio jumlah pergerakan pesawat pada jam puncak terhadap jumlah pergerakan pesawat total 1 hari adalah :

$$R_{hour} = \frac{N_{hour}}{N_{day}} \quad (2.18)$$

Dimana :

R_{hour} = *Peak hour ratio*

N_{hour} = Jumlah Pergerakan total pesawat di *runway* saat peak
hour

N_{day} = Jumlah pergerakan total pesawat di *runway* dalam
1 hari

Untuk memperkirakan jumlah pergerakan pesawat tahun rencana untuk kondisi *peak hour* adalah dengan langsung mengalihkan R dengan peramalan jumlah pergerakan harian rata-rata pada bulan puncak tahun rencana.

2.12. Teori Antrian

Antrian adalah suatu garis tunggu dari objek yang berupa satuan yang memerlukan layanan dari satu atau lebih pelayanan (fasilitas pelayanan). Antrian terjadi ketika waktu pelayanan lebih kecil dibanding jumlah kedatangan objek antrian. Antrian dapat terjadi di berbagai layanan publik seperti layanan komersial misalnya toko; salon; dan restoran, layanan bisnis seperti *inventory*, layanan

transportasi, dan layanan sosial seperti rumah sakit, kantor pos, dan berbagai layanan publik lainnya.

Ada 3 (tiga) komponen utama dalam teori antrian yang harus benar-benar diketahui dan dipahami, yaitu (Wohl and Martin, 1967; Morlok, 1978; dan Hobbs, 1979) :

- Tingkat Kedatangan
- Tingkat Pelayanan
- Disiplin Antrian

Pada penelitian ini teori antrian digunakan untuk perhitungan kapasitas sisi udara, yakni kapasitas *runway*, kapasitas *taxiway* dan kapasitas gate apron. Dimana dari masing-masing kapasitas tersebut memiliki pola antrian yang berbeda.

2.12.2. Tingkat Kedatangan

Tingkat Kedatangan yang dinyatakan dengan notasi λ adalah jumlah kendaraan atau manusia yang bergerak menuju satu atau beberapa tempat pelayanan dalam satu satuan waktu tertentu, biasa dinyatakan dalam satuan kendaraan/jam atau orang/menit.

2.12.3. Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan yang dinyatakan dengan notasi μ adalah jumlah kendaran atau manusia yang dapat dilayani oleh satu tempat pelayanan dalam satu satuan waktu tertentu, biasa dinyatakan dalam satuan kendaraan/jam atau orang/menit. Selain tingkat pelayanan, juga dikenal Waktu pelayanan (WP) yang dapat didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan oleh satu tempat pelayanan untuk dapat melayani satu kendaraan atau satu orang, biasa dinyatakan dalam satuan detik/kendaraan atau menit/orang.

Terdapat empat model pelayanan struktur antrian dasar yang umum terjadi dalam seluruh sistem antrian, antara lain:

1. *Single Channel, Single Phase*

Sistem antrian jalur tunggal dimana hanya terdapat satu pemberi layanan serta satu jenis layanan yang diberikan, sehingga yang telah menerima pelayanan

dapat langsung keluar dari sistem antrian. Contohnya pembelian tiket bus yang dilayani oleh satu loket penjualan karcis.

2. *Single Channel, Multi Phase*

Sementara sistem antrian jalur tunggal tahapan berganda berarti dalam sistem antrian tersebut terdapat lebih dari satu jenis layanan yang diberikan, tetapi dalam setiap jenis layanan hanya terdapat satu pemberi pelayanan. Contohnya adalah proses pencucian mobil.

3. *Multi Channel, Single Phase*

Sistem antrian berjalur ganda satu tahap adalah terdapat satu jenis layanan dalam sistem tersebut, namun terdapat lebih dari satu pemberi layanan. Misalnya pada pembayaran karcis tol yang dilayani lebih dari satu loket.

4. *Multi Channel, Multi Server*

Sistem antrian jalur berganda dengan tahapan berganda adalah sistem antrian dimana terdapat lebih dari satu jenis layanan dan terdapat lebih dari satu jenis pemberi layanan di setiap layanan. Contohnya adalah pada pelayanan kepada pasien di rumah sakit dan pendaftaran, diagnose, tindakan medis sampai pembayaran. Setiap sistem pelayanan ini mempunyai beberapa fasilitas pelayanan pada setiap tahap, sehingga lebih dari satu individu dapat dilayani pada satu waktu.

2.12.4. Disiplin Antrian

Menurut Siagian (1987), disiplin antrian yang sering ditemui pada kehidupan sehari-hari adalah:

1. FIFO (*First In First Out*), merupakan antrian yang pelayannya melayani kedatangan paling awal. Antrian ini terjadi pada kasus penjualan tiket kereta api, bioskop, bank, dll. Disiplin antrian FIFO sangat sering digunakan di bidang transportasi dimana orang atau kendaraan yang pertama tiba pada suatu tempat pelayanan akan dilayani pertama (Thamin, 2003).
2. LIFO (*Last In Last Out*), merupakan antrian di mana yang paling akhir akan dilayani paling awal. Antrian ini sama halnya dengan tumpukan piring. Piring yang diletakkan paling akhir akan menempati posisi paling atas, dan ketika

akan digunakan, piring terataslah (yang diletakkan terakhir) yang terlebih dulu diambil.

3. SIRO (*Service in Random Order*), pemanggilan pengantri tidak berdasarkan urutan kedatangan karena pemanggilannya secara acak atau random. Contohnya pada arisan, di mana pelayanan atau servis dilakukan berdasarkan undian (*random*).
4. PS (*Priority Service*), prioritas pelayanan diberikan kepada pelanggan yang memiliki prioritas lebih tinggi dibanding pelanggan lainnya meskipun mereka kemungkinan sudah lenih dahulu tiba di dalam antrian. Misalnya seseorang dalam kondisi kritis yang memerlukan penanganan medis sesegera mungkin akan lebih dahulu ditangani dibandingkan pelanggan dengan kondisi penyakit lebih ringan.

2.13. Teori Simulasi

Simulasi merupakan suatu metodologi untuk melaksanakan percobaan dengan menggunakan model dari satu sistem nyata (Siagian, 1987). Simulasi adalah suatu teknik yang dapat digunakan untuk memformulasikan dan memecahkan model-model dari golongan yang luas. Golongan atau kelas ini sangat luasnya sehingga dapat dikatakan, “Jika semua cara yang lain gagal cobalah simulasi”. (Schroeder, 1997).

Menurut Hasan (2002), simulasi merupakan suatu model pengambilan keputusan dengan mencontoh atau mempergunakan gambaran sebenarnya dari suatu sistem kehidupan dunia nyata tanpa harus mengalaminya pada keadaan yang sesungguhnya.

Tujuan simulasi adalah untuk pelatihan (*training*), studi perilaku sistem (*behaviour*), dan hiburan/permainan (*game*). Simulasi memiliki beberapa kelebihan, diantaranya :

1. Simulasi mampu menggambarkan suatu prosedur operasional untuk rentang waktu yang lebih singkat dari perencanaan.

2. Simulasi mampu menyajikan sistem nyata yang lebih besar dan rumit atau kompleks, dibandingkan dengan model matematika yang masih konvensional.
3. Dengan simulasi, penggunaannya dapat menjadikan hasil simulasi sebagai pengambilan keputusan misalnya untuk penerapan sistem maupun memutuskan langkah-langkah preferatif aspek lainnya.

Selain kelebihan yang telah dijelaskan diatas, simulasi juga mempunyai beberapa kekurangan, antara lain:

1. Simulasi bukan merupakan proses optimasi, tetapi menghasilkan cara untuk menilai suatu solusi, simulasi tidak menghasilkan solusi.
2. Pembuatan simulasi memerlukan waktu yang cukup lama mengingat harus merepresentasikan kondisi nyata dan juga biaya yang diperlukan cukup besar untuk simulasi kasus yang kompleks.
3. Tidak semua kasus dapat disimulasikan karena untuk kasus yang menuntut kepastian akan sangat sulit menggunakan simulasi.

Beberapa teori simulasi diterapkan dalam penelitian mengenai permasalahan *delay* penerbangan. Penelitian yang pernah dilakukan Ayunda Larasati (2013) yakni dengan mensimulasikan pergerakan pesawat dapat melihat perubahan jadwal yang disebabkan oleh *delay* berakibat pada penundaan penerbangan lain. Antony Evansn dan Andreas W. Schäfer (2014) melakukan penelitian tentang simulasi dengan memprediksi respon operasional maskapai terhadap keterbatasan kapasitas bandara. Pemodelan simulasi mencakup optimasi jaringan maskapai, biaya operasional maskapai, pemodelan *delay*, permintaan penumpang, serta model emisi akibat *delay*.

2.13.2. Jenis dan Model Simulasi

Berdasarkan perangkat keras yang digunakan, ada tiga jenis simulasi, yaitu:

Simulasi Analog adalah simulasi yang implementasinya menggunakan rangkaian elektronika analog, seperti op-amp (*operational amplifier*) untuk integrasi, pembanding, pembalik, penjumlah, dan lain-lain.

Simulasi Digital adalah simulasi yang implementasinya menggunakan komputer digital.

Simulasi Hybrid adalah simulasi yang implementasinya menggunakan gabungan rangkaian elektronika analog dan komputer digital.

Berdasarkan waktu, simulasi dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. Simulasi waktu nyata (*real-time*)
adalah simulasi dimana definisi waktu simulasi adalah sama dengan waktu nyata yang ditunjukkan pada jarum (*clock*) pada umumnya.
2. Simulasi offline
adalah simulasi dimana definisi waktu simulasi adalah tidak sama (diskalakan) dengan waktu nyata, bisa dipercepat bisa diperlambat.

Dalam membuat suatu simulasi, ada beberapa model yang dapat digunakan. Model ini tergantung dari jenis dan tujuan simulasi yang akan dibuat.

1. Model Probabilitas
Adalah model yang menjelaskan kelakuan sistem secara probabilistik; informasi yang masuk adalah secara acak. Model ini juga disebut sebagai model simulasi Monte Carlo. Di dalam proses *stochastic* sifat keluaran (*output*) merupakan hasil dari konsep random. Model yang mendasarkan pada teknik peluang dan memperhitungkan ketidakpastian (*uncertainty*) disebut model probabilistik atau model stokastik.
2. Model Deterministik
Model ini tidak diperhatikan unsur random, sehingga pemecahan masalahnya menjadi lebih sederhana. Model deterministik menampilkan ketidakpastian kedatangan objek antrian, namun untuk waktu pelayanan antriannya diketahui.
3. Model Dinamik
Model simulasi dinamik adalah model yang memperhatikan perubahan-perubahan nilai dari variabel yang ada jika terjadi pada waktu yang berbeda. Jadi akan ada hasil perubahan nilai variabel dari waktu ke waktu.

4. Model Statik

Model statik adalah kebalikan dari model dinamik. Model statik tidak memperhatikan perubahan nilai dari variabel yang ada jika terjadi pada waktu yang berbeda.

5. Model Heuristik

Model heuristik adalah model yang dilakukan dengan cara mencoba-coba. Langkah perubahannya dilakukan secara berulang jika dilandasi pada teori yang masih bersifat ringan hingga hasil yang diperoleh cukup baik.

2.13.3. Simulasi Dengan Software ARENA

ARENA merupakan sebuah *software* pemodelan simulasi yang saat ini dikembangkan oleh Rockwell Automation dengan kemampuan untuk membangun model pada berbagai macam area aplikasi. Bahasa simulasi SIMAN menjadi basis dari pengembangan ARENA.

Software ARENA dapat digunakan untuk membangun model kontinu ataupun diskrit (Kelton, Sadowski, & Sturrock, 2007). Model simulasi di ARENA dibangun secara mudah dengan bantuan modul-modul grafis. Selain itu, ARENA juga menyediakan model animasi dua dimensi. Dengan kemampuan animasi maka proses debugging dan verifikasi model akan lebih mudah. Representasi model secara visual akan membantu pemahaman sistem secara utuh sehingga analisis dan pengambilan keputusan akan lebih efektif. Model dari sebuah proses dideskripsikan dengan diagram alur yang selanjutnya disimulasikan dengan ARENA. Kelebihan lain dari ARENA adalah memiliki kemampuan pengolahan data statistik, walaupun belum lengkap. Dengan menggunakan *software* ini akan menghemat biaya besar sebelum melakukan perubahan atau memecahkan suatu model.

2.13.4. Komponen ARENA

Pada model simulasi menggunakan *software* Arena, terdapat beberapa komponen yang dijelaskan sebagai berikut :

1. Sistem

Merupakan sekumpulan entitas yang bergerak atau berinteraksi untuk mencapai tujuan berdasarkan alur logika yang telah ditentukan.

2. Entitas
Entitas adalah objek yang dikenai bergerak atau berinteraksi berdasarkan alur logika yang ada.
3. Atribut
merupakan karakteristik umum dari suatu entitas.
4. Variabel
Variabel merupakan suatu komponen sistem yang mengandung informasi dan nilainya diperoleh dari eksekusi model simulasi.
5. *Resources*
Dalam simulasi *resources* merupakan wadah untuk menampung entitas dalam jumlah tertentu. Entitas yang berasal dari suatu *resources* dapat bergerak di dalam sistem jika *resources* tersebut bersifat *seize-delay-relase* (tampung-berhenti sejenak keluarkan).
6. *Queue* (antrian)
Ketika entitas tidak dapat bergerak, dapat dimungkinkan sedang terdapat entitas lain yang sedang berproses dalam sistem, sehingga entitas yang tidak dapat bergerak tersebut dapat ditampung dalam suatu wadah sampai entitas lain yang menghambat selesai berproses. Wadah tersebut disebut *queue* (antrian).
7. *Events* (kejadian)
pada umumnya terdapat tiga kejadian yaitu kedatangan, pelayanan dan selesai.
8. *Statistical accumulators*
Komponen ini berfungsi untuk melihat kondisi sistem sesungguhnya berdasarkan variabel-variabel yang telah ditentukan sebelumnya. Contoh variabel adalah waktu tunggu, panjang antrian, utilitas fasilitas, dan waktu total entitas di dalam sistem.
9. *Simulation clock*
Waktu actual pada sistem sesungguhnya dapat direpresentasikan ke dalam model simulasi lewat suatu variabel yang disebut *simulation clock*.
10. *Starting dan stoping*
Suatu kondisi yang ditentukan berdasarkan input tertentu dan berfungsi untuk membatasi simulasi yang berjalan.

2.14. Penelitian Terdahulu

Pada sub bab ini akan diuraikan mengenai beberapa penelitian sebelumnya dalam lingkup kapasitas sisi udara bandara, *delay* penerbangan serta analisis dampak *delay*. Sub bab ini bertujuan untuk posisi penelitian yang akan diusulkan, sehingga dapat berkontribusi terhadap area penelitian yang ada. Studi terdahulu mengenai lingkup kapasitas sisi udara bandara, *delay* penerbangan dan analisis dampak *delay* adalah sebagai berikut:

1. Ayunda Larasati (2013) melakukan studi tentang “Model Simulasi Diskrit Untuk Mengukur Efek Keterlambatan Jadwal Penerbangan Terhadap Antrian Pra Tinggal Landas dan Pasca Pendaratan” di Bandara Juanda. Dalam studi ini terdapat perubahan jadwal yang disebabkan oleh *delay* yang mengakibatkan penerbangan lain menjadi ikut tertunda. Peningkatannya cukup tinggi jika dibandingkan kondisi eksisting dimana keadaan ideal tanpa adanya *delay*. Sedangkan peningkatan paling tinggi adalah ketika penerbangan pada pagi hari banyak yang terjadi keterlambatan. Rata-rata jumlah antrian dan *waiting time* di *taxiway* pada setiap perubahan skenario tidak terdapat perbedaan yang signifikan yaitu sekitar 8 antrian dan 9-10 menit untuk *waiting time*. Namun jika dilihat dari persebaran tingginya jumlah antrian, dapat terlihat bahwa penumpukan terjadi pada bagian sesuai dengan terjadinya *planned delay* tersebut. Berbeda dengan skenario *planned delay* lainnya, *planned delay* pada pagi hari memberikan dampak besar sampai penerbangan siang hari, dan dampak yang tidak terlalu besar pada penerbangan selanjutnya.
2. Nikolas Pyrgiotis, dkk (2011) melakukan studi tentang “Modelling *delay* propagation within an *airport network*” perhitungan menggunakan model Approximate Network Delays (AND). Model tersebut diterapkan ke jaringan yang terdiri dari 34 bandara tersibuk di benua Amerika Serikat dan memberikan wawasan ke dalam interaksi di mana penundaan merambat melalui jaringan dan konsekuensi sering-berlawanan. Perambatan *delay* cenderung memperlancar permintaan bandara setiap hari dan mendorong lebih banyak tuntutan dalam jam malam. fenomena

tersebut terutama jelas di bandara hub, di mana beberapa penerbangan mengalami penurunan penundaan dari perubahan yang terjadi pada permintaan dijadwalkan sebagai akibat dari penundaan dan perambatan *delay*.

3. Amy Miyoung Kim (2016) melakukan penelitian tentang “The Impacts Of Changing Flight Demands And Throughput Performance On *Airport Delays Through The Great Recession*” di tiga bandara besar New York. Penelitian ini menilai hasil penerapan metode simulasi probabilistik terhadap perubahan permintaan penerbangan dan perubahan kinerja throughput bandara ke perubahan penundaan penerbangan untuk mendiagnosa bagaimana peristiwa-peristiwa yang berbeda mungkin telah menyebabkan perubahan operasional di bandara tersebut. Hasil analisis menunjukkan dua pengamatan. Pertama, pola-pola tertentu dalam shift kinerja throughput menyebabkan penundaan yang paling signifikan, dan lebih mungkin telah disebabkan oleh isu-isu kontroler staf. Kedua, rata-rata penundaan relatif konstan dari satu tahun ke tahun berikutnya mungkin hasil dari permintaan yang signifikan disertai dengan degradasi kinerja throughput besar di bandara. Hal ini menunjukkan bahwa tidak hanya keterbatasan operasional pada kapasitas mendorong penerbangan untuk mengurangi jadwal, tapi tuntutan berubah juga dapat mempengaruhi kinerja throughput.
4. Marc C. Gerhausen, dkk (2013) meneliti tentang “Do airport capacity constraints have a serious impact on the future development of air traffic?”. Pada penelitian ini menganalisis keterbatasan kapasitas bandara di jaringan transportasi udara secara global berdasarkan nilai-nilai penting dari volume lalu lintas tahunan, volume jam puncak, dan indeks pemanfaatan kapasitas. Sampel yang diambil sebesar 177 bandara (dari total sekitar 2.400 bandara di seluruh dunia) dengan volume lalu lintas melebihi 70 000 pergerakan pesawat pada tahun 2008. Analisis menunjukkan bahwa sebagian besar bandara dalam kondisi tanpa keterbatasan kapasitas. Hanya 10 sampai 20 bandara telah diklasifikasikan sebagai kapasitas bandara kritis, yakni: New York LaGuardia, London

Heathrow, Frankfurt dan Paris Charles de Gaulle. Hasil analisis diperkirakan pada tahun 2016 apabila tidak ada penambahan kapasitas, maka 70% penerbangan akan dibatasi.

5. Megan S. Ryerson, dkk (2014) melakukan penelitian tentang “Time to burn: Flight *delay*, terminal efficiency, and fuel consumption in the National Airspace System”. Hasil analisis menunjukkan bahwa pengurangan konsumsi bahan bakar dapat melalui pengurangan *delay* dan peningkatan efisiensi daerah terminal.
6. Tian Tian Jungai dan Xu Hongjun (2012) menganalisis tentang “Optimizing Arrival Flight *Delay* Scheduling Based on Simulated Annealing Algorithm”. Hasil menggunakan metode *simulated annealing algorithm* menunjukkan bahwa model yang dibangun dapat mengurangi biaya dan pengaruh *delay* sebanyak mungkin penundaan penerbangan lain.
7. Jens O Brunner (2014) meneliti tentang “Rescheduling of flights during ground *delay* programs with consideration of passenger and crew connections”. Menggunakan linier integer programming untuk meminimumkan permasalahan *delay* dengan *rescheduling flight* untuk meminimumkan biaya *crew*, dan pembatalan penerbangan.
8. Antony Evansn dan Andreas W. Schäfer (2014) melakukan penelitian tentang “Simulating airline operational responses to airport capacity constraints”. Pemodelan simulasi mencakup optimasi jaringan maskapai, biaya operasional maskapai, pemodelan *delay*, permintaan penumpang, serta model emisi akibat *delay*. Hal tersebut dilakukan dengan memprediksi respon operasional maskapai terhadap keterbatasan kapasitas bandara.
9. John Ferguson, dkk (2011) meneliti tentang “Estimating domestic US airline cost of *delay* based on European model”. Penelitian ini menguji biaya *delay* untuk penerbangan keberangkatan dari 19 bandara utama dalam salah satu bulan penerbangan tersibuk di AS (Juli 2007). Studi ini menghasilkan perhitungan biaya *delay* penerbangan (mengabaikan semua penerbangan dibatalkan) berjumlah \$ 176 juta selama Juli 2007. Perkiraan ini adalah total untuk 19 bandara dalam penelitian ini dan total hanya

biaya keterlambatan taktis. Estimasi biaya yang dikeluarkan maskapai akibat *delay* akan cenderung meningkat ketika ada perubahan dalam biaya bahan bakar, jenis pesawat, atau ketika beberapa biaya lain mungkin ditambahkan ke dalam struktur biaya keseluruhan.

Berdasarkan uraian diatas untuk mengetahui gap analisis serta metode yang digunakan dari beberapa penelitian sebelumnya dirangkum dalam tabel berikut.

Tabel 2.8 Analisis *research gap*

No	Nama Pengarang	Tahun	Metode	Analisis Kapasitas Runway	Analisis Delay		Dampak Delay				
					Arrival Delay	Departure Delay	Biaya Maskapai	Jaringan Bandara	Penghematan Bahan Bakar	Emisi	Penjadwalan Penerbangan
1	Ayunda Larasati	2013	Simulasi Diskrit		✓	✓					
2	Nikolas Pyrgiotis, dkk	2011	Pemodelan (Approximate Network Delays)		✓	✓		✓			
3	Amy Miyoung Kim	2016	Simulasi Probabilistik		✓	✓					✓
4	Marc C. Gerhausen, dkk	2013	Perbandingan	✓							
5	Megan S. Ryerson, dkk	2014	Pemodelan estimasi		✓	✓			✓		
6	Tian Jungai dan Xu Hongjun	2012	Optimasi dan Simulasi		✓						✓
7	Jens O. Burner	2014	Linier Integer Programming		✓	✓					✓
8	Antony Evansn dan Andreas W. Schäfer	2014	Optimasi dan Simulasi	✓	✓					✓	
9	John Ferguson, dkk	2011	Optimasi		✓	✓	✓				
10	Laila Fatchiyah	2017	Simulasi	✓	✓	✓			✓		

BAB III METODOLOGI

Pada bab 3 ini akan dipaparkan mengenai metodologi penelitian. Dalam metodologi penelitian berisi tahapan – tahapan yang akan dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian ini. Adapun tahapan – tahapan tersebut terdiri atas lokasi penelitian dan rancangan penelitian (identifikasi permasalahan, studi literature, pengumpulan data, perhitungan kapasitas sisi udara, perancangan model simulasi, analisis dan evaluasi, ditutup dengan kesimpulan dan saran)

3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian berada di Bandara Internasional Juanda. Penelitian menitik beratkan pada fasilitas sisi udara yakni apron, *taxiway*, dan *runway*. Fasilitas sisi udara Bandara Internasional Juanda dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Fasilitas Sisi Udara Bandara Internasional Juanda

Sumber: Google Maps

3.1.1. Spesifikasi Bandara

Berdasarkan data yang diperoleh dari PT. Angkasa Pura I (Persero) dan www.juanda-airport.com spesifikasi bandara juanda dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3.1 Spesifikasi Bandara Internasional Juanda

SPESIFIKASI	
Nama Bandara	Bandara Internasional Juanda
Pengelola	PT. Angkasa Pura I
Kelas Bandara	1A
Lokasi	07°22'51''LS/112°47'11''BT
Kode ICAO/IATA	WARR/SUB
Jarak dari Kota Surabaya	20 Km
Terminal	Terminal 1 : Terminal 2:
Runway	3000 X 45 m
Apron	Terminal 1: Terminal 2:
Navigational Aids	VOR/DME, NDB, ILS/LLZ, GP, OM, MM, ATIS, Radar Head
Elevasi	3 m dari permukaan air laut

Sumber: (<http://juanda-airport.com/>)

3.1.2. Layout Bandara

Sisi udara Bandara Internasional Juanda terdiri dari fasilitas *runway*, *taxiway* dan *apron*. Layout bandara secara keseluruhan dapat dilihat pada lampiran B. Setiap fasilitas sisi udara memiliki spesifikasi sendiri, berikut penjelasan untuk masing-masing fasilitas sisi udara Bandara Internasional Juanda:

1. Runway

Bandara Internasional Juanda memiliki single *runway* dengan ukuran 3000 m x 45 m. *Runway* ini dapat melayani pergerakan pesawat sebanyak 38 pesawat selama *peak hour* (<http://juanda-airport.com/statistik-llau>). Arah azimuth *runway* juanda adalah R10 dan R28.



Gambar 3.2 *Runway* Bandara Internasional Juanda
Sumber: (<https://www.google.co.id/>)

2. *Taxiway*

Sistem *taxiway* bandara juanda yakni *parallel taxiway*, disebut sebagai system paralel karena *taxiway* yang ada sejajar dengan *runway*. terdapat beberapa titik *exit* ditabelkan sebagai berikut:

Tabel 3.2 Sudut dan jarak *exit* berdasarkan arah *runway*

Arah <i>Runway</i>	Sudut	Notasi <i>Exit</i>	Jarak Treshold Ke <i>Exit</i>
R10	90°	N1	-
	90°	N3	1663 m
	30°	N5	2016 m
	30°	N6	2446 m
	90°	N7	2973 m
	90°	S4	2173 m
	90°	S5	2958 m
R28	90°	N7	-
	90°	N3	1325 m
	30°	N2	2002 m
	90°	N1	2956 m
	90°	S3	1428 m
	90°	S2	2275 m
	90°	S1	2956 m

Sumber: PT. Angkasa Pura 1

3. Apron

Fasilitas apron Bandara Internasional Juanda terbagi atas apron terminal 1 dan apron terminal 2. Untuk melayani pergerakan penumpang dari terminal menuju pesawat, pada apron disediakan fasilitas garbarata dan bis.



Gambar 3.3 Apron terminal 1
Sumber: (<https://www.google.co.id/>)

Dimensi apron terminal 1 adalah 152 X 1421 m, apron ini terletak di sebelah utara dari *runway*. Apron terminal 1 menyediakan *parking stand* sebanyak 31 *parking stand*. Apron ini digunakan untuk penerbangan domestik dari beberapa maskapai sebagaimana pada gambar berikut.



Gambar 3.4 Maskapai penerbangan yang dilayani Bandara Internasional Juanda

Sumber: (<http://juanda-airport.com/>)

Pada gambar 3.4 Merupakan maskapai penerbangan yang dilayani oleh terminal 1 dan terminal 2. Masing-masing maskapai tersebut menyewa lokasi *parking stand* baik untuk apron terminal 1 maupun apron terminal 2.



Gambar 3.5 Apron terminal 2
Sumber: (<https://www.google.co.id/>)

Apron terminal 2 Bandara Internasional Juanda berada di sebelah selatan dari *runway*. Pada apron ini hanya menyediakan 14 *parking stand* untuk penerbangan internasional. Selain penerbangan internasional terdapat pula penerbangan domestik yang dilayani oleh maskapai Garuda Indonesia dan Air Asia

3.2. Rancangan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan *delay* yang terjadi pada suatu bandara. Pada penelitian ini, metode yang digunakan dibagi atas beberapa tahapan besar, yakni:

1. Identifikasi permasalahan
2. Studi literatur
3. Pengumpulan data
4. Pehitungan kapasitas sisi udara
5. Perancangan model simulasi
6. Analisis dan Evaluasi
7. Kesimpulan

Penjelasan dari masing-masing tahapan didetailkan pada sub bab berikut.

3.2.1. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah adalah tahapan awal yang dilakukan pada penelitian ini. Pada tahapan ini dilakukan penentuan permasalahan apa yang sering terjadi di dalam sistem pengaturan lalu lintas udara, khususnya permasalahan *delay*. Identifikasi permasalahan *delay* berkaitan dengan pertanyaan yang timbul yakni penyebab *delay*, dampak *delay* bagi keseluruhan operasional bandara serta permasalahan lain dari *delay*. *Delay* yang sering terjadi pada masing-masing komponen adalah sebagai berikut:

1. Ruang Udara

Delay di ruang udara biasanya terjadi akibat aktivitas di *runway*, hal ini menyebabkan pesawat harus berputar-putar di holding area untuk mengantri melakukan pendaratan. Selain itu *delay* juga dapat disebabkan karena keterlambatan dari bandara asal, hal ini menimbulkan efek domino bagi rute yang terkait.

2. Runway

Salah satu penyebab *delay* yang biasa terjadi di *runway* bergantung pada tata letak system *taxiway*, karena tata letak system *taxiway* dapat mempengaruhi waktu ROT saat *landing*.

3. Apron

Delay yang terjadi di apron diakibatkan pada proses ground handling. Waktu yang dibutuhkan oleh masing-masing proses ground handling berpengaruh pada waktu *block on* dan *block off* pesawat.

Dalam penelitian ini akan memberikan gambaran permasalahan yang telah disebutkan sekaligus mencoba memberikan alternatif penyelesaian sesuai dengan pembatasan permasalahan yang ada.

3.2.2. Studi Literatur

Studi literatur merupakan suatu langkah yang dapat membantu peneliti dalam menyelesaikan permasalahan dan pencarian solusi dalam penelitian. Studi literatur yang diperlukan dalam penelitian ini yakni teori mengenai komponen sisi udara, *delay* penerbangan, teori antrian dan simulasi. Selain dasar teori tersebut diperlukan studi dari penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan kasus penelitian yang akan diambil.

3.2.3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan tahapan pengumpulan data-data yang diperlukan untuk perhitungan kapasitas sisi udara dan pembuatan model simulasi. Data diperlukan sebagai bahan informasi dan evaluasi terhadap kondisi yang menjadi pokok dari permasalahan *delay*.

Data-data yang diperlukan dalam perhitungan merupakan data sekunder yang diperoleh dari pihak-pihak terkait. Data sekunder meliputi:

1. Jadwal penerbangan Bandara Internasional Juanda
2. Pesawat yang dilayani oleh Bandara Internasional Juanda
3. Jarak waktu *take-off* dan *landing*
4. Kategori pesawat yang beroperasi di Bandara Internasional Juanda
5. Karakteristik pesawat
6. *Runway* occupancy time
7. Jumlah dan tipe *gate*
8. *Gate* Occupancy time

3.2.4. Perhitungan Kapasitas

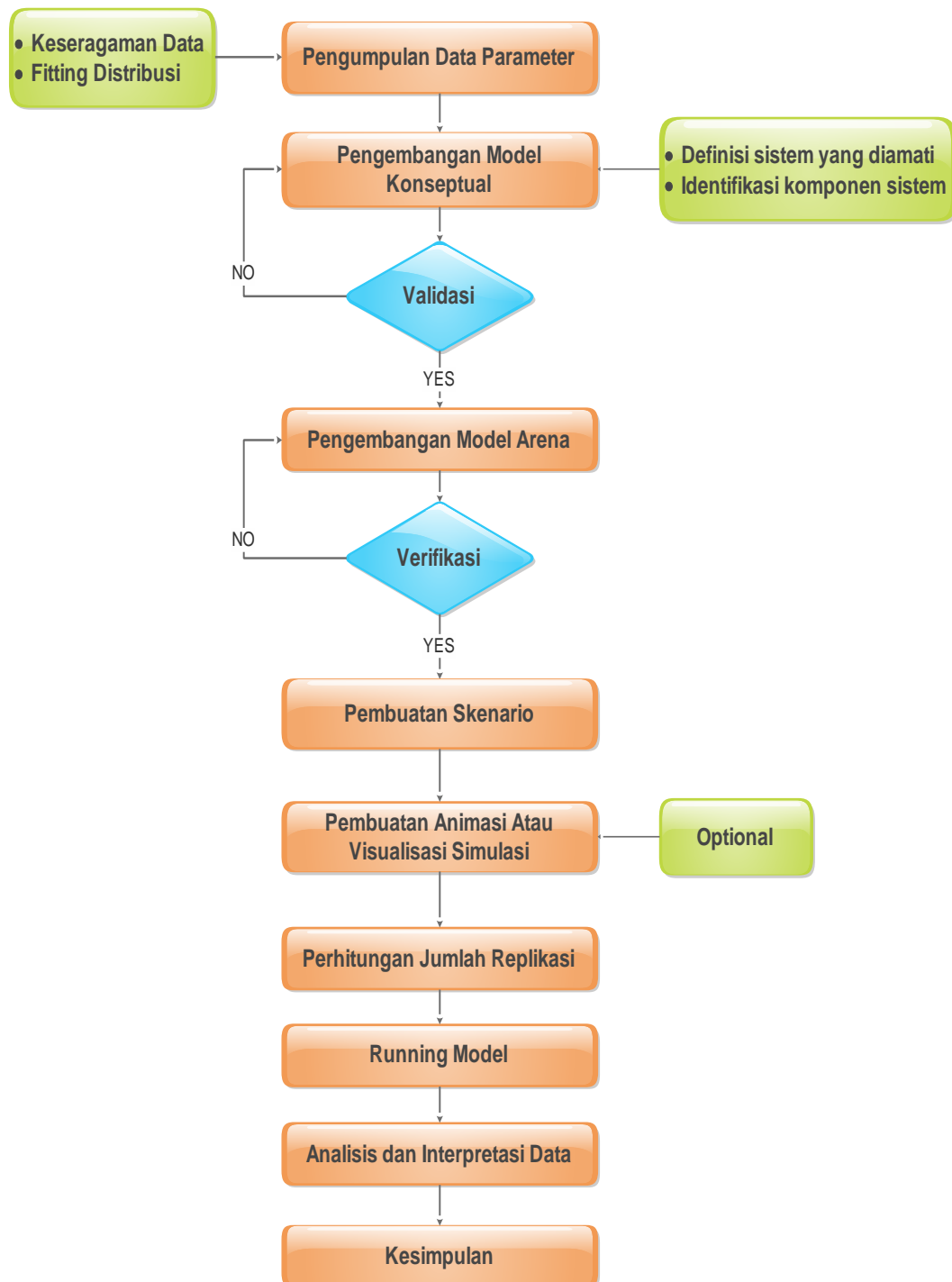
Pada tahap ini dilakukan perhitungan kapasitas dari masing-masing komponen sisi udara. Perhitungan dilakukan untuk mengetahui kapasitas eksisting dari setiap komponen serta kinerja dari *runway*, *taxiway* dan apron. Perhitungan kapasitas *runway* dilakukan untuk mengetahui kinerja *runway* Bandara Internasional Juanda, perhitungan kapasitas *runway* dijelaskan pada sub bab 2.2.1.

Perhitungan kapasitas sisi udara ini untuk selanjutnya menjadi data input dalam model simulasi, karena sistem yang dibangun dalam simulasi memerlukan atribut-atribut yakni berupa data kapasitas *runway*, kapasitas apron serta *taxiway* sistem di Bandara Internasional Juanda.

3.2.5. Perancangan Model Simulasi

Perancangan model simulasi yaitu membuat kondisi sistem dari *delay* yang terjadi sebenarnya di Bandara Internasional Juanda dalam bentuk simulasi. Tujuan simulasi tersebut untuk menggambarkan sistem secara nyata dan terperinci dari keadaan *delay* yang terjadi. Dari silmulasi yang dilakukan dapat diketahui frekuensi *delay* pada masing-masing komponen sisi udara. Pada masing-masing komponen dilakukan pemodelan simulasi dengan cara menerapkan beberapa skenario *delay* yang sering terjadi di Bandara Internasional Juanda. Skenario *delay* yang pertama yakni apabila terjadi *delay* di *runway*, skenario kedua yakni apabila terjadi *delay* di apron dan sekenario ketiga yakni apabila terjadi *delay* di ruang udara.

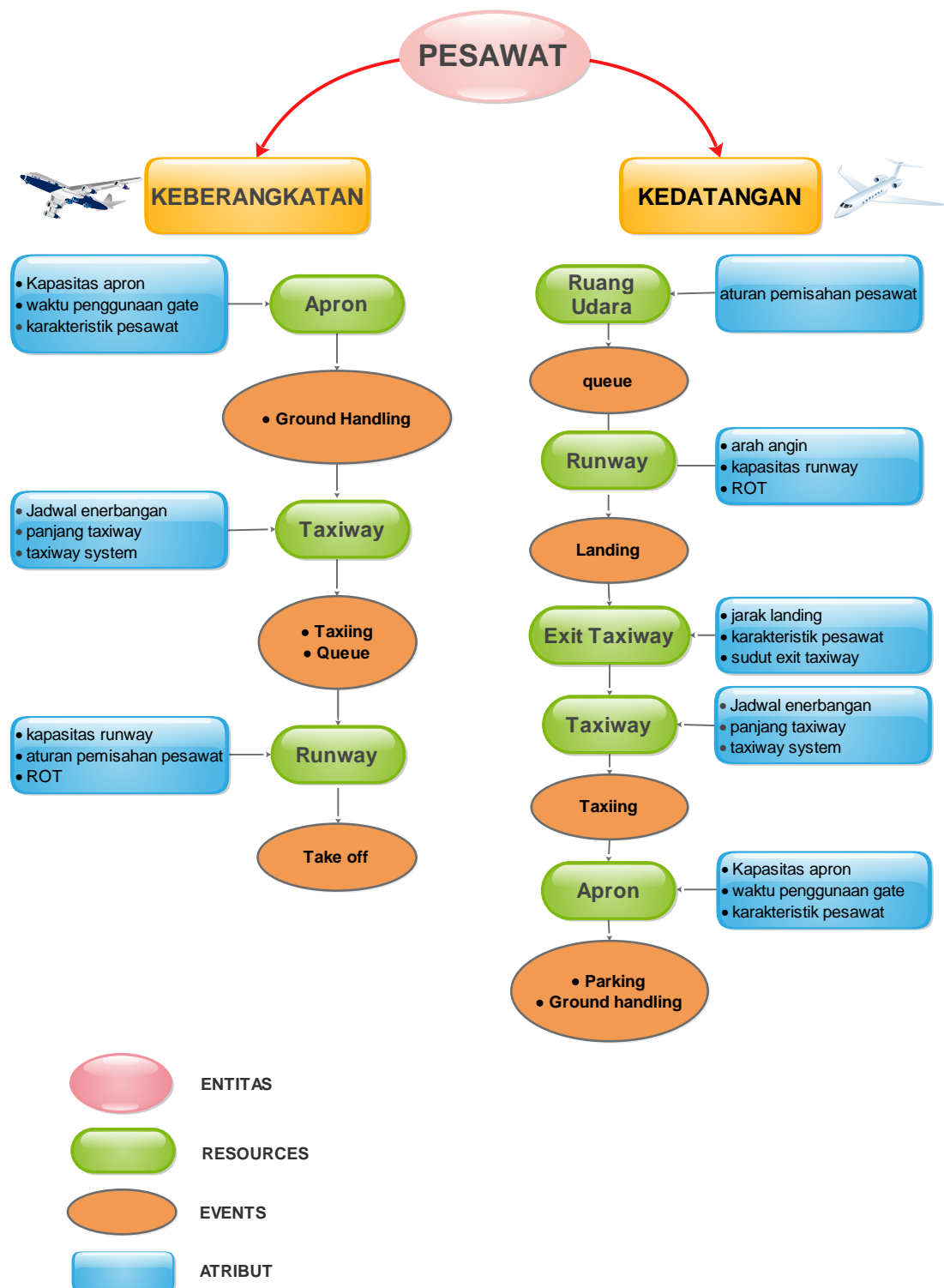
Simulasi *delay* menggunakan software ARENA, dalam ARENA ada beberapa tahapan yang harus dilakukan. Tahapan simulasi dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Flowchart Simulasi Menggunakan Software Arena

Untuk mensimulasikan *delay* yang terjadi di Bandara Internasional Juanda terdiri atas beberapa tahapan pada gambar 3.6. langkah simulasi ARENA terdiri dari:

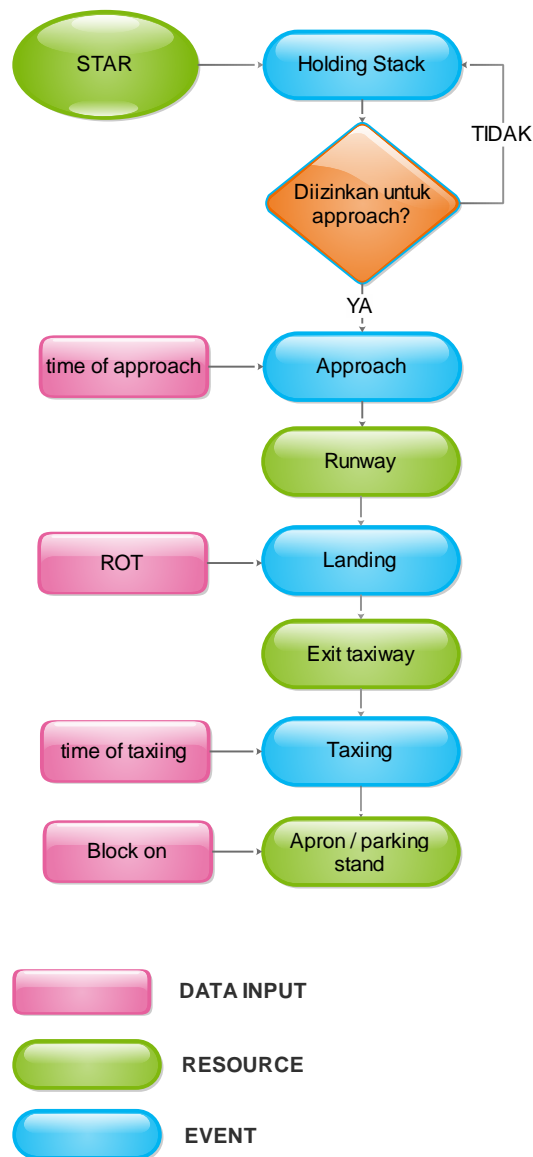
1. Pengumpulan data parameter merupakan tahapan awal yang berupa pengumpulan data jadwal penerbangan, karakteristik pesawat yang dilayani Bandara Internasional Juanda, jarak *take off* atau *landing*, *interarrival time*, *runway occupancy time* dan lain-lain. Pengumpulan data tersebut selanjutnya dilakukan keseragaman data dan dilakukan analisis pola distribusi data tersebut.
2. Pengembangan model konseptual, pada tahap ini dilakukan identifikasi terhadap sistem yang akan diamati yakni sistem dari pergerakan pesawat. Identifikasi juga dilakukan pada setiap komponen-komponen dari pergerakan pesawat pada saat di *runway*, *taxiway*, apron dan ruang udara.



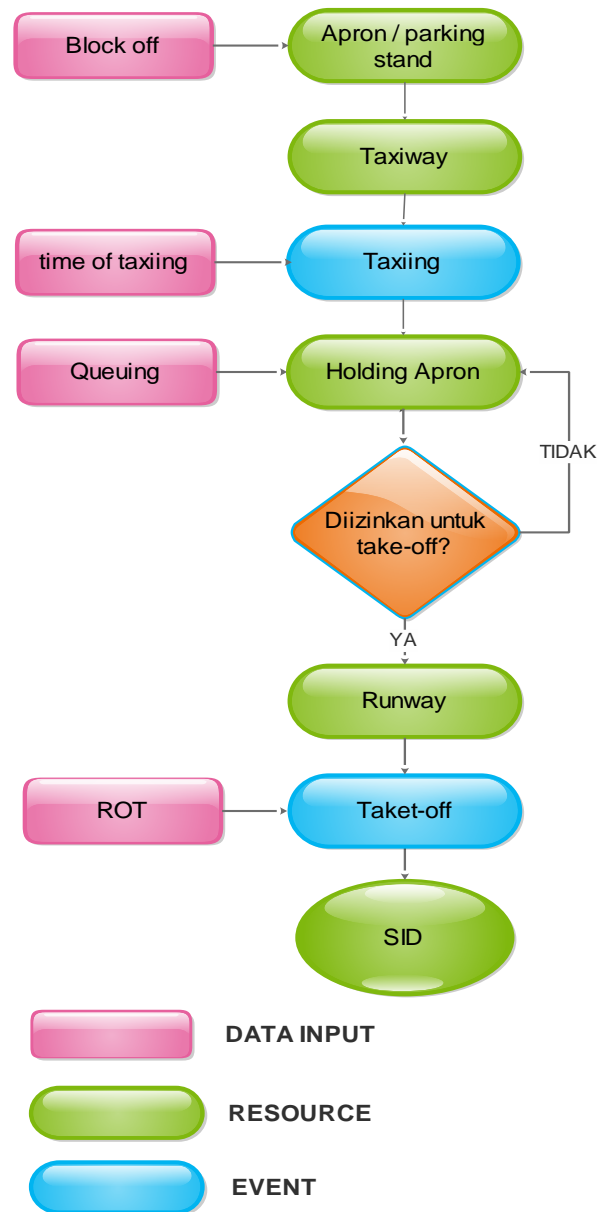
Gambar 3.7 Model konseptual pergerakan pesawat saat keberangkatan dan kedatangan

Pada gambar 3.7 dapat dilihat bahwa dari sistem pergerakan pesawat ditentukan terlebih dahulu masing-masing atribut dari setiap resources.

Selain itu juga harus melihat events apa saja yang ada pada setiap resources. Data diatas selanjutnya digunakan sebagai input untuk melakukan simulasi pergerakan pesawat di Bandara Internasional Juanda. Berikut adalah gambaran data inputan untuk pergerakan pesawat.



Gambar 3.8 Data inputan Kedatangan Pesawat



Gambar 3.9 Data input keberangkatan pesawat

Model konseptual merupakan konsep hasil konversi dari sistem riil. Data model konseptual harus dilakukan validasi yakni melihat apakah model tersebut sesuai dengan kondisi nyata.

3. Pengembangan model ARENA merupakan tahapan pembangunan dari sistem yang diamati. Setelah model ARENA dibangun, model tersebut harus dilakukan verifikasi yakni melihat apakah model yang dibangun di ARENA telah sesuai dengan sistem dalam artian tidak *error*.

4. Tahap verifikasi dan validasi. Verifikasi model dilakukan untuk memastikan bahwa model tersebut dibuat sesuai dengan alur logika dan sesuai dengan proses yang diharapkan. Proses verifikasi dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama dilakukan untuk memastikan tidak ada kesalahan saat model berjalan. Tahap verifikasi kedua yakni memastikan logika aliran simulasi masuk akal, wajar, dan menurut aliran logis dari bagaimana model itu dirancang di tempat pertama. Sedangkan validasi dilakukan untuk memastikan bahwa model tersebut dibuat sesuai sistem riil. Validasi akan dilakukan dengan melihat alur dari model koneptual yang dibuat, jika alur yang dibuat sudah sesuai dengan sistem baru yang diinginkan maka model bisa dikatakan valid.
5. Setelah model simulasi divalidasi dan diverifikasi, dilakukan pembuatan beberapa skenario untuk dievaluasi. Semua skenario yang ada akan diuji satu per satu untuk mendapatkan output masing-masing skenario.
6. Pembuatan animasi dan visualisasi animasi tahapan ini pada dasarnya optional. Tahap ini hanya untuk memudahkan pengamatan saat *running* model, karena apabila data disajikan dalam bentuk visualisasi maka penyampaian komunikasi data atau informasi akan lebih jelas.
7. *Running* model, proses menjalankan dari sistem model simulasi.
8. Analisis dan intepretasi data, tahapan menganalisis hasil dari masing-masing simulasi yang telah dilakukan. Dari hasil analisis tersebut dikaitkan dengan teori-teori yang telah dijelaskan pada bab 2, untuk mencari hubungan dan keterkaitan dengan data yang ada.
9. Kesimpulan, menarik hasil dari simulasi yang telah dilakukan.

3.2.6. Analisis dan Evaluasi

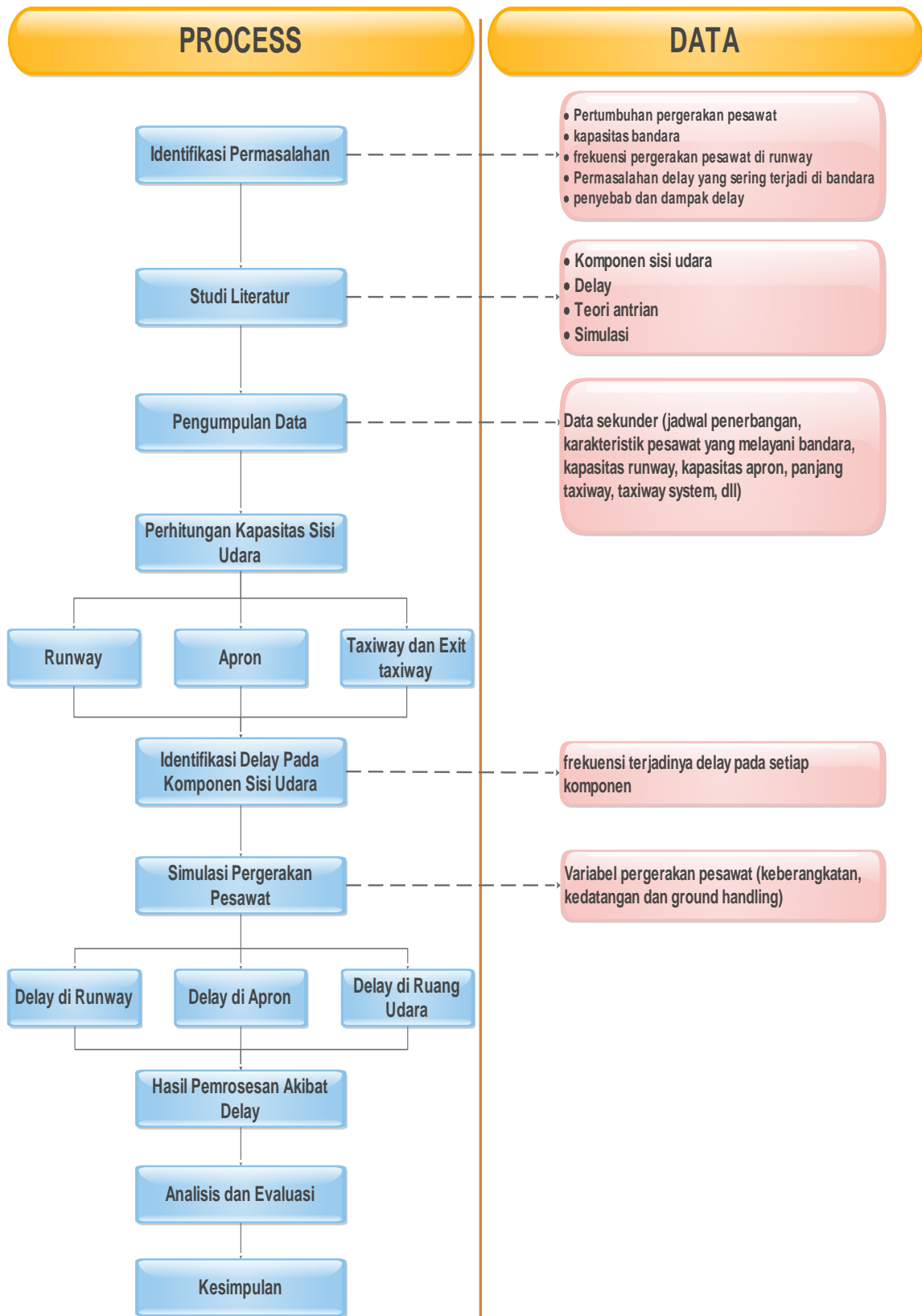
Pada tahap ini merupakan tahapan pengeolaan data secara lanjut. Analisis pada penelitian ini yakni perhitungan kapasitas eksisting komponen sisi udara Bandara Internasional Juanda dan hasil simulasi terjadinya *delay*

pada setiap komponen sisi udara. Hasil dari analisis tersebut dilakukan evaluasi untuk memberikan solusi dari permasalahan *delay* yang ada.

3.2.7. Kesimpulan

Tahap akhir yang dilakukan adalah penarikan kesimpulan dimana akan disimpulkan hasil dari penelitian yang dilakukan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran lebih jelas antara komponen-komponen sisi udara. Selain itu, dari penelitian ini diharapkan dapat diketahui dampak setiap *delay* yang terjadi terhadap sistem pelayanan operasional bandara secara keseluruhan.

Semua tahapan dan kebutuhan data yang telah diuraikan diatas, digambarkan dalam *flowchart* penyusunan tesis gambar 3.10. Pada gambar 3.10 menguraikan urutan tahapan penyusunan dari awal serta data apa saja yang dibutuhkan sampai diperoleh hasil analisis untuk ditarik kesimpulan.



Gambar 3.10. Flowchart Penyusunan Tesis

BAB IV

PEMBAHASAN DAN ANALISIS

Pada bab 4 merupakan tahapan yang terpenting dalam penelitian ini. Bab ini akan menyajikan perhitungan kapasitas sisi udara serta simulasi dari model yang telah dikembangkan. Untuk selanjutnya dilakukan analisis terhadap *delay* yang terjadi di sisi udara. Berdasarkan *delay* yang terjadi kemudian dilihat dampak *delay* untuk masing-masing pemrosesan sisi udara.

4.1. Perhitungan Eksisting Kapasitas Sisi Udara

Pada penelitian ini perhitungan kapasitas sisi udara berupa perhitungan kapasitas *runway* eksisting dan perhitungan kinerja gate *assignment* pada terminal 1 berdasarkan acuan penelitian sebelumnya.

4.1.1. Penentuan *Peak Hour*

Perhitungan *peak hour* pada penelitian ini dimaksudkan sebagai dasar acuan yang digunakan untuk menentukan kondisi paling maksimum pemakaian *runway*. *Peak hour* adalah jam tersibuk yang didapat pada bulan tersibuk dalam satu tahun. Dalam perhitungan ini memerlukan data jadwal kedatangan dan keberangkatan pesawat di Bandara Internasional Juanda. Karena keterbatasan data yang dimiliki, penulis menggunakan data jadwal penerbangan yang diperoleh dari www.flightstats.com selama seminggu yakni dari tanggal 31 Oktober 2016 – 6 November 2016. Berikut jumlah pergerakan pesawat selama seminggu di Bandara Internasional Juanda.

Tabel 4.1 Data Pergerakan Pesawat Selama Seminggu

Hari	Tanggal	Total Pergerakan
Senin	31 Oktober 2016	460
Selasa	01 November 2016	477
Rabu	02 November 2016	475
Kamis	03 November 2016	472
Jum'at	04 November 2016	473
Sabtu	05 November 2016	469
Minggu	06 November 2016	476

Dari tabel 4.1 diketahui jumlah penerbangan terbesar pada hari Selasa, 01 November 2016 dengan total pergerakan pesawat sejumlah 477 pesawat/hari. Jumlah pergerakan terbesar dijadikan acuan untuk perhitungan *peak hour*. Perhitungan *peak hour* dilakukan dengan cara menghitung jumlah penerbangan per-jam dengan interval setiap 5 menit untuk mendapatkan jumlah penerbangan terbesar. Pada tabel 4.2 disajikan hasil dari rekapitulasi perhitungan *peak hour* dengan interval 5 menit.

Tabel 4.2 Rekapitulasi perhitungan peak hour dengan interval 5 menit

Waktu	Jumlah Pergerakan	Waktu	Jumlah Pergerakan	Waktu	Jumlah Pergerakan
5:00 - 6:00	23	9:00 - 10:00	28	12:00 - 13:00	31
5:05 - 6:05	25	9:05 - 10:05	26	12:05 - 13:05	27
5:10 - 6:10	25	9:10 - 10:10	29	12:10 - 13:10	27
5:15 - 6:15	28	9:15 - 10:15	29	12:15 - 13:15	23
5:20 - 6:20	30	9:20 - 10:20	25	12:20 - 13:20	21
5:25 - 6:25	32	9:25 - 10:25	27	12:25 - 13:25	21
5:30 - 6:30	31	9:30 - 10:30	29	12:30 - 13:30	26
5:35 - 6:35	31	9:35 - 10:35	29	12:35 - 13:35	24
5:40 - 6:40	31	9:40 - 10:40	31	12:40 - 13:40	23
5:45 - 6:45	31	9:45 - 10:45	33	12:45 - 13:45	21
5:50 - 6:50	30	9:50 - 10:50	33	12:50 - 13:50	20
5:55 - 6:55	33	9:55 - 10:55	29	12:55 - 13:55	18
6:00 - 7:00	34	10:00 - 11:00	29	13:00 - 14:00	23
6:05 - 7:05	28	10:05 - 11:05	31	13:05 - 14:05	25
6:10 - 7:10	28	10:10 - 11:10	34	13:10 - 14:10	26
6:15 - 7:15	30	10:15 - 11:15	31	13:15 - 14:15	26
6:20 - 7:20	29	10:20 - 11:20	36	13:20 - 14:20	27
6:25 - 7:25	28	10:25 - 11:25	36	13:25 - 14:25	29
6:30 - 7:30	31	10:30 - 11:30	35	13:30 - 14:30	30
6:35 - 7:35	29	10:35 - 11:35	38	13:35 - 14:35	27
6:40 - 7:40	33	10:40 - 11:40	36	13:40 - 14:40	27
6:45 - 7:45	32	10:45 - 11:45	36	13:45 - 14:45	31
6:50 - 7:50	32	10:50 - 11:50	39	13:50 - 14:50	35
6:55 - 7:55	32	10:55 - 11:55	36	13:55 - 14:55	34
7:00 - 8:00	31	11:00 - 12:00	40	14:00 - 15:00	35
7:05 - 8:05	32	11:05 - 12:05	40	14:05 - 15:05	35
7:10 - 8:10	31	11:10 - 12:10	41	14:10 - 15:10	33
7:15 - 8:15	31	11:15 - 12:15	38	14:15 - 15:15	34
7:20 - 8:20	30	11:20 - 12:20	38	14:20 - 15:20	35
7:25 - 8:25	29	11:25 - 12:25	32	14:25 - 15:25	35
7:30 - 8:30	29	11:30 - 12:30	35	14:30 - 15:30	33
7:35 - 8:35	31	11:35 - 12:35	34	14:35 - 15:35	34
7:40 - 8:40	29	11:40 - 12:40	29	14:40 - 15:40	31
7:45 - 8:45	27	11:45 - 12:45	33	14:45 - 15:45	33
7:50 - 8:50	28	11:50 - 12:50	34	14:50 - 15:50	34
7:55 - 8:55	30	11:55 - 12:55	29	14:55 - 15:55	30

Tabel 4.1 Rekapitulasi perhitungan *peak hour* dengan interval 5 menit
(lanjutan)

Waktu	Jumlah Pergerakan	Waktu	Jumlah Pergerakan	Waktu	Jumlah Pergerakan
15:00 - 16:00	32	18:00 - 19:00	37	21:00 - 22:00	23
15:05 - 16:05	30	18:05 - 19:05	33	21:05 - 22:05	22
15:10 - 16:10	28	18:10 - 19:10	33	21:10 - 22:10	18
15:15 - 16:15	26	18:15 - 19:15	32	21:15 - 22:15	19
15:20 - 16:20	24	18:20 - 19:20	32	21:20 - 22:20	16
15:25 - 16:25	23	18:25 - 19:25	32	21:25 - 22:25	18
15:30 - 16:30	25	18:30 - 19:30	35	21:30 - 22:30	18
15:35 - 16:35	27	18:35 - 19:35	33	21:35 - 22:35	16
15:40 - 16:40	26	18:40 - 18:40	35	21:40 - 22:40	16
15:45 - 16:45	27	18:45 - 18:45	35	21:45 - 22:45	16
15:50 - 16:50	25	18:50 - 18:50	34	21:50 - 22:50	15
15:55 - 16:55	23	18:55 - 18:55	33	21:55 - 22:55	12
16:00 - 17:00	24	19:00 - 20:00	36	22:00 - 23:00	12
16:05 - 17:05	21	19:05 - 20:05	30	22:05 - 23:05	9
16:10 - 17:10	23	19:10 - 20:10	29	22:10 - 23:10	8
16:15 - 17:15	23	19:15 - 20:15	26	22:15 - 23:15	8
16:20 - 17:20	24	19:20 - 20:20	28	22:20 - 23:20	6
16:25 - 17:25	27	19:25 - 20:25	26	22:25 - 23:25	6
16:30 - 17:30	30	19:30 - 20:30	27	22:30 - 23:30	3
16:35 - 17:35	27	19:35 - 20:35	23	22:35 - 23:35	2
16:40 - 17:40	29	19:40 - 20:40	23	22:40 - 23:40	2
16:45 - 17:45	35	19:45 - 20:45	23		
16:50 - 17:50	38	19:50 - 20:50	18		
16:55 - 17:55	39	19:55 - 20:55	21		
17:00 - 18:00	41	20:00 - 21:00	23		
17:05 - 18:05	43	20:05 - 21:05	23		
17:10 - 18:10	44	20:10 - 21:10	23		
17:15 - 18:15	43	20:15 - 21:15	26		
17:20 - 18:20	41	20:20 - 21:20	27		
17:25 - 18:25	41	20:25 - 21:25	25		
17:30 - 18:30	40	20:30 - 21:30	28		
17:35 - 18:35	36	20:35 - 21:35	26		
17:40 - 18:40	42	20:40 - 21:40	26		
17:45 - 18:45	43	20:45 - 21:45	26		
17:50 - 18:50	37	20:50 - 21:50	27		
17:55 - 18:55	38	20:55 - 21:55	27		

Berdasarkan tabel 4.2 rekapitulasi pergerakan pesawat selama sehari di Bandara Internasional Juanda didapatkan jumlah pergerakan pesawat pada saat *peak hour* yakni pada pukul 17:10 – 18:10 WIB dengan total 44 pergerakan pesawat/jam dapat dilihat pada lampiran A. Penentuan *peak hour* ini selanjutnya digunakan sebagai acuan perhitungan kapasitas *runway* dan simulasi pergerakan pesawat untuk mengetahui *delay* yang terjadi pada setiap komponen.

4.1.2. Perhitungan Kapasitas *Runway*

Untuk menghitung kapasitas suatu *runway* terdapat beberapa aturan pengoperasian yang harus dipenuhi *runway* dalam perhitungannya. Aturan – aturan pengurutan dasar yang digunakan dalam pengurutan pesawat terbang adalah (Horonjeff & Mckelvey, 1994) :

1. Dua pesawat terbang tidak boleh dioperasikan di *runway* pada saat yang bersamaan.
2. Pesawat yang datang diberikan prioritas untuk menggunakan *runway* dari pada pesawat yang berangkat.
3. Operasi keberangkatan dapat dilakukan apabila *runway* telah bebas dan kedatangan berikutnya paling sedikit berada pada suatu jarak tertentu dari ambang *runway*.

Dalam perhitungan kapasitas, pesawat digolongkan berdasarkan kecepatan pendaratan. Untuk lebih jelasnya penggolongan pesawat berdasarkan peraturan *Federal Aviation Administration* (FAA) dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Kategori pesawat berdasarkan kecepatan mendarat

Kategori	Kecepatan Mendarat
A	< 91 knots
B	91 knots - 120 knots
C	121 knots - 140 knots
D	141 knots - 165 knotsz
E	> 166 knots

Sumber: FAA

Data peak hour keberangkatan dan kedatangan pesawat yang telah didapat untuk selanjutnya dibuat kategori berdasarkan kecepatan mendarat. Berikut adalah tipe pesawat selama *peak hour*.

Tabel 4.4 Tipe pesawat selama *peak hour*

Jenis pesawat	Jarak take off	Jarak landing	Kecepatan			Kategori
			Approach	Take off	Landing	
ATR42	1100	1000	200	110	120	B
ATR72	1500	1100	200	110	120	B
A320	2190	1440	250	145	137	C
A330	2300	1800	230	145	140	C
B737-300	1600	1400	220	140	130	C
B737-500	1500	1400	220	139	128	C
B737-800	2300	1600	250	145	140	C
B737-900	2300	1700	240	149	145	D

Pada tabel 4.4 telah didapatkan kategori pesawat berdasarkan kecepatan *landing* yang akan digunakan untuk mengetahui jarak pemisahan minimum pesawat. Aturan jarak pemisahan minimum pesawat berdasarkan kondisi IMC (*Instrument Meteorological Condition*) dan VMC (*Visual Meteorological Condition*) telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya yakni 2.7. Dalam penelitian ini aturan jarak pemisahan minimum pesawat menggunakan kondisi IMC untuk operasi campuran berdasarkan *arrival-arrival*, *departure-departure*, untuk *arrival-departure* adalah sama dengan jarak pemisahan minimum antar pesawat untuk *departure-departure*, sedangkan jarak minimum pemisah pesawat untuk *departure-arrival* adalah 2 nmi. Berikut adalah rekapan jarak pemisahan minimum untuk masing-masing karakteristik pesawat.

Tabel 4.5 Rekapan Jarak Minimum Pemisahan Antar Pesawat

Lead	Trailing					
	B (Arrival)	C (Arrival)	D (Arrival)	B (Departure)	C (Departure)	D (Departure)
	nm	nm	nm	seconds	seconds	seconds
B (Arrival)	3	3	3	60	60	60
C (Arrival)	5	3	3	60	60	90
D (Arrival)	6	5	3	120	120	120
B (Departure)	2	2	2	60	60	60
C (Departure)	2	2	2	60	60	90
D (Departure)	2	2	2	120	120	120

Tabel 4.5 merupakan rekapan jarak minimum pemisahan antar pesawat diatas digunakan untuk memudahkan perhitungan *interarrival time*. Sesuai dengan jadwal penerbangan selama *peak hour* yang didapat, pesawat dikategorikan berdasarkan kecepatan *landing* untuk mendapatkan jarak pemisahan minimum. Perhitungan *interarrival time* berdasarkan kategori pesawat disajikan dalam tabel berikut.

Berdasarkan tabel 4.5 dilakukan perhitungan minimum separasi antar pesawat untuk mengetahui *interarrival time*. Tabel 4.6 Merupakan rekapan data penerbangan selama *peak hour* yang sudah diurutkan sesuai dengan *actual time* dari situs www.flightstats.com. Beberapa data yang diperoleh tidak terdapat waktu *actual time*, untuk mempermudah perhitungan penulis mengasumsikan data yang tidak terdapat *actual time* disamakan dengan data *schedule time*. Data ini selanjutnya dijadikan acuan dalam perhitungan *interarrival time*, perhitungan ROT, waktu kebutuhan approach, dan sebagai data inputan untuk simulasi.

Tabel 4.6 Perhitungan interarrival time

Airline	Actual Arrival / Departure Time	Jenis Pesawat	Arrival / Departure	Kategori Pesawat	Separation		Kecepatan (knots)	Interarrival time (sec)	
							Approach		
Lion Air	17:10	B737-900	Arrival	D			240		
Nam Air	17:10	B737-500	Arrival	C	5	nm	220	75	0:01:15
Lion Air	17:10	B737-900	Arrival	D	3	nm	240	49	0:00:49
Batik Air	17:10	A320	Arrival	C	5	nm	250	75	0:01:15
Wings Air	17:15	ATR42	Arrival	B	5	nm	200	72	0:01:12
Citilink	17:15	A320	Arrival	C	3	nm	250	54	0:00:54
Citilink	17:20	A320	Arrival	C	3	nm	250	43	0:00:43
Lion Air	17:25	B737-900	Arrival	D	3	nm	240	43	0:00:43
Lion Air	17:30	B737-900	Arrival	D	3	nm	240	45	0:00:45
Cathay Pacific	17:30	A330	Arrival	C	5	nm	230	75	0:01:15
British Airways	17:30	A330	Arrival	C	3	nm	230	47	0:00:47
Japan Airlines	17:30	A330	Arrival	C	3	nm	230	47	0:00:47
American Airlines	17:30	A330	Arrival	C	3	nm	230	47	0:00:47
Batik Air	17:30	A320	Departure	C	60	det	250	60	0:01:00
Garuda Indonesia	17:35	B737-800	Arrival	C	2	nm	250	29	0:00:29
KLM	17:35	B737-800	Arrival	C	3	nm	250	43	0:00:43
Garuda Indonesia	17:36	B737-800	Departure	C	60	det	250	60	0:01:00
Citilink	17:40	A320	Departure	C	60	det	250	60	0:01:00
Lion Air	17:42	B737-900	Departure	D	90	det	240	90	0:01:30
Lion Air	17:45	B737-900	Departure	D	120	det	240	120	0:02:00
Silk Air	17:51	A320	Arrival	C	2	nm	250	30	0:00:30
Garuda Indonesia	17:51	A320	Arrival	C	3	nm	250	43	0:00:43
Virgin Australia	17:51	A320	Arrival	C	3	det	250	43	0:00:43
Singapore Airlines	17:51	A320	Arrival	C	3	det	250	43	0:00:43
Sriwijaya	17:55	B737-300	Arrival	C	3	det	220	43	0:00:43
Nam Air	17:55	B737-500	Departure	C	60	det	220	60	0:01:00
Lion Air	18:00	B737-900	Arrival	D	2	nm	240	33	0:00:33
Garuda Indonesia	18:05	B737-800	Arrival	C	5	nm	250	75	0:01:15
Lion Air	18:05	B737-900	Arrival	D	3	nm	240	43	0:00:43
Lion Air	18:05	B737-900	Arrival	D	3	nm	240	45	0:00:45
Lion Air	18:05	B737-900	Departure	D	120	det	240	120	0:02:00
Citilink	18:08	A320	Departure	C	120	det	250	120	0:02:00
Citilink	18:10	A320	Arrival	C	2	nm	250	29	0:00:29
Lion Air	18:12	B737-900	Departure	D	90	det	240	90	0:01:30
Garuda Indonesia	18:14	A330	Departure	C	120	det	230	120	0:02:00
Etihad	18:14	A330	Departure	C	60	det	230	60	0:01:00
Lion Air	18:19	B737-900	Departure	D	90	det	240	90	0:01:30
Lion Air	18:19	B737-900	Departure	D	120	det	240	120	0:02:00
Garuda Indonesia	18:22	B737-800	Departure	C	120	det	250	120	0:02:00
Citilink	18:24	A320	Departure	C	60	det	250	60	0:01:00
Citilink	18:35	A320	Arrival	C	2	nm	250	29	0:00:29
Garuda Indonesia	18:58	B737-800	Arrival	C	3	nm	250	43	0:00:43
China Airlines	18:58	B737-800	Arrival	C	3	nm	250	43	0:00:43
Air asia	20:52	A320	Arrival	C	3	nm	250	43	0:00:43

Untuk mengetahui perhitungan interarrival time dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Arrival – arrival

Jika pesawat didepan termasuk kategori D dengan kecepatan approach pesawat sebesar 240 knot dan pesawat dibelakang termasuk kategori C, maka:

$$\text{Interarrival time} = (5/240) \times (3600) = 75 \text{ detik} = 00:01:15$$

2. Departure – departure

Jarak pemisahan untuk pesawat departure-departure apabila ada pesawat didepan termasuk kategori D dan pesawat dibelakang termasuk kategori D, maka:

$$\text{Interarrival time} = 120 \text{ detik} = 00:02:00$$

3. Arrival – departure

Interarrival antara arrival-departure yakni jika pesawat didepan termasuk kategori C dan pesawat dibelakang termasuk kategori C, maka:

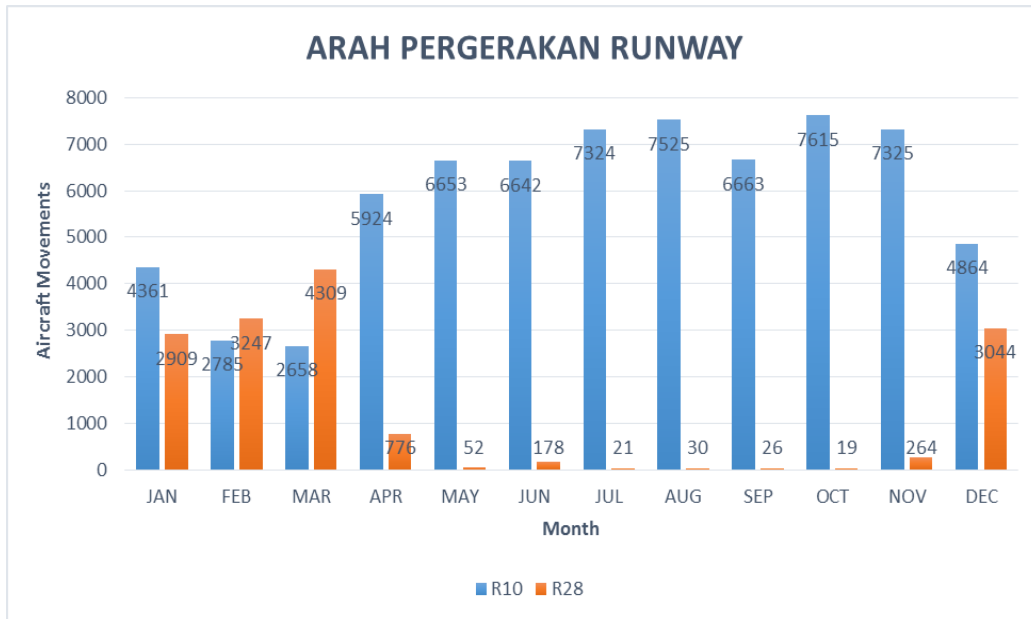
$$\text{Interarrival time} = 60 \text{ detik} = 00:01:00$$

4. Departure – arrival

Jika pesawat didepan termasuk kategori D dengan kecepatan approach pesawat sebesar 240 knot dan pesawat dibelakang termasuk kategori C, maka:

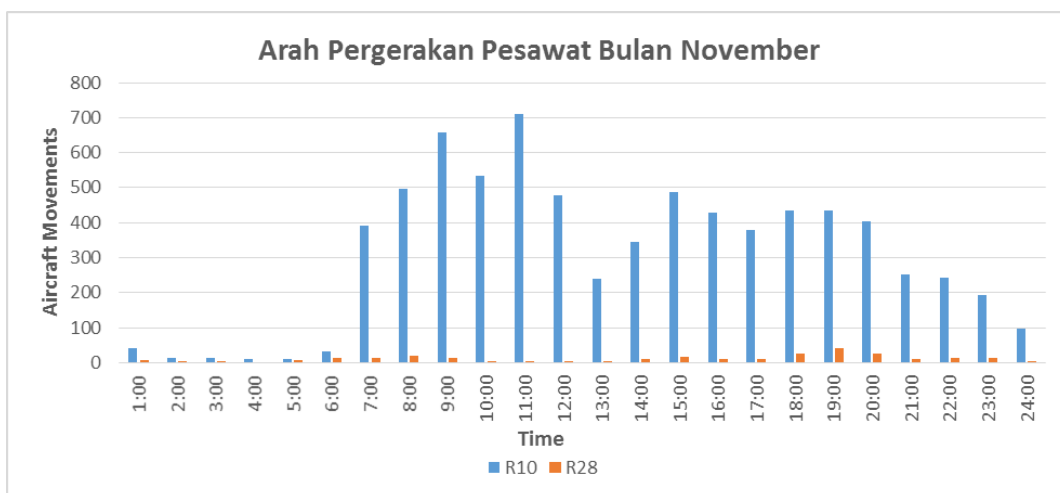
$$\text{Interarrival time} = (2/240) \times (3600) = 30 \text{ detik} = 00:00:30$$

Selain interarrival time, diperlukan juga perhitungan ROT (*Runway Occupancy Time*). Faktor yang mempengaruhi ROT bukan hanya jenis pesawat saja melainkan *speed exit taxiway*. Perhitungan ROT didapat dari kebutuhan jarak *take off* atau *landing* dibagi dengan kecepatan *take off* atau *landing*. Dalam perhitungan ini juga dibutuhkan data arah *runway* Bandara Internasional Juanda yang sesuai dengan karakteristik pergerakan pesawat pada bulan November. Berikut adalah data pergerakan pesawat selama setahun berdasarkan arah *runway* dominan.



Gambar 4.2 Arah *runway* dominan selama setahun di Bandara Internasional Juanda

Sumber: Angkasa Pura I, 2007



Gambar 4.3 Arah *runway* dominan Bulan November di Bandara Internasional Juanda

Sumber: Angkasa Pura I, 2007

Pada gambar 4.2 dan 4.3 merupakan arah *runway* dominan adalah R10 selama setahun dan pada Bulan November di Bandara Internasional Juanda. Hal ini menunjukkan pergerakan pesawat untuk *take off* dan *landing* bergerak dari R10. Data arah R10 ini digunakan sebagai acuan pergerakan pesawat untuk perhitungan (*Runway Occupancy Time*) ROT. Untuk kondisi

pesawat yang datang (*arrival*) terdapat penambahan jarak menuju *exit taxiway* terdekat, sehingga ada penambahan waktu ROT.

Tabel 4.7 Jarak *exit taxiway* untuk R10 Bandara Internasional Juanda

RW10								
N1	N2	N3	N5	N6	N7	S3	S4	S5
-	935	1663	2016	2446	2973	1420	2173	2938

Pada tabel 4.7 untuk notasi N (*north*) merupakan *exit taxiway* pada terimal 1 dan untuk notasi S (*south*) merupakan *exit taxiway* pada terminal 2. Masing-masing jarak *exit taxiway* yakni N2, N3, N4, N5, N6, N7, S3, S4 dan S5 dihitung mulai dari *threshold* R10. Lokasi exit dapat dilihat pada lampiran B layout Bandara Internasional Juanda.

Tabel 4.8 Perhitungan *Runway Occupancy Time*

Arrival / Departure	Jenis Pesawat	Terminal	Jarak Take off / landing Setelah dikoreksi (m)	Kecepatan take off / landing (knots)	ROT (sec)	Exit Terdekat	Selisih jarak	ROT lapangan (sec)
Arrival	B737-900	t1	1948	145	26.12	N6	498	32.79
Arrival	B737-500	t1	1605	128	24.37	N5	411	30.62
Arrival	B737-900	t1	1948	145	26.12	N6	498	32.79
Arrival	A320	t1	1650	137	23.42	N5	366	28.60
Arrival	ATR42	t1	1146	120	18.57	N3	517	26.94
Arrival	A320	t1	1650	137	23.42	N5	366	28.60
Arrival	A320	t1	1650	137	23.42	N5	366	28.60
Arrival	B737-900	t1	1948	145	26.12	N6	498	32.79
Arrival	B737-900	t1	1948	145	26.12	N6	498	32.79
Arrival	A330	t2	2063	140	28.64	S5	875	40.79
Arrival	A330	t2	2063	140	28.64	S5	875	40.79
Arrival	A330	t2	2063	140	28.64	S5	875	40.79
Arrival	A330	t2	2063	140	28.64	S5	875	40.79
Departure	A320	t1	2510	145	33.65			33.65
Arrival	B737-800	t2	1834	140	25.46	S4	339	30.17
Arrival	B737-800	t2	1834	140	25.46	S4	339	30.17
Departure	B737-800	t2	2636	145	35.34			35.34
Departure	A320	t1	2510	145	33.65			33.65
Departure	B737-900	t1	2636	149	34.39			34.39
Departure	B737-900	t1	2636	149	34.39			34.39
Arrival	A320	t2	1650	137	23.42	S4	523	30.83
Arrival	A320	t2	1650	137	23.42	S4	523	30.83
Arrival	A320	t2	1650	137	23.42	S4	523	30.83
Arrival	A320	t2	1650	137	23.42	S4	523	30.83
Arrival	B737-300	t1	1605	130	23.99	N5	411	30.14
Departure	B737-500	t1	1719	139	24.04			24.04
Arrival	B737-900	t1	1948	145	26.12	N6	498	32.79
Arrival	B737-800	t2	1834	140	25.46	S4	339	30.17
Arrival	B737-900	t1	1948	145	26.12	N6	498	32.79
Arrival	B737-900	t1	1948	145	26.12	N6	498	32.79
Departure	B737-900	t1	2636	149	34.39			34.39
Departure	A320	t1	2510	145	33.65			33.65
Arrival	A320	t1	1650	137	23.42	N5	366	28.60
Departure	B737-900	t1	2636	149	34.39			34.39
Departure	A330	t2	2636	145	35.34			35.34
Departure	A330	t2	2636	145	35.34			35.34
Departure	B737-900	t1	2636	149	34.39			34.39
Departure	B737-900	t1	2636	149	34.39			34.39
Departure	B737-800	t2	2636	145	35.34			35.34
Departure	A320	t1	2510	145	33.65			33.65
Arrival	A320	t1	1650	137	23.42	N5	366	28.60
Arrival	B737-800	t2	1834	140	25.46	S4	339	30.17
Arrival	B737-800	t2	1834	140	25.46	S4	339	30.17
Arrival	A320	t2	1650	137	23.42	S4	523	30.83

Perhitungan ROT (*Runway Occupancy Time*) pada tabel 4.8 diperoleh dari pembagian antara panjang landasan dan kecepatan masing-masing kategori pesawat yang diambil dari data pesawat. Untuk masing-masing kebutuhan panjang landasan diperlukan faktor koreksi yang disesuaikan dengan kondisi Bandara Internasional Juanda.

Data umum bandara Internasional Juanda:

Ketinggian dari muka air laut = 3 m

Gradient efektif = 0,001

Suhu *runway* = 29,5°C

Fe (koreksi elevasi) = $1 + 0,07 \left(\frac{h}{300} \right) = 1,0007$

Ft = $1 + 0,01 (T - (15 - 0,0065h)) = 1,145195$

Fs = $1 + 0,1s = 1,0001$

Dari data umum bandara Internasional Juanda maka perhitungan ROT dengan faktor koreksi terhadap jarak *take off* maupun *landing* adalah sebagai berikut:

➤ Untuk jenis pesawat B737-900 (*landing*)

kebutuhan jarak *landing* 1700 m, jarak *landing* setelah dikoreksi menjadi:

$$= \text{Jarak } landing \times Fe \times Ft \times Fs$$

$$= 1700 \times 1,0007 \times 1,145195 \times 1,0001 = 1948 \text{ m}$$

kecepatan *landing* 145 knot dan kebutuhan jarak *landing* 1948 meter, maka: 1 knot = 1,852 km/jam = 0,5144 m/det

$$\text{Sehingga ROT} = 1948 / (145 \times 0,5144) = 26,12 \text{ detik}$$

Dari kebutuhan jarak *landing*, *exit* yang terdekat adalah N5 dengan jarak dari threshold 2016 m.

$$\text{Selisih N5 dengan kebutuhan jarak } landing = 2016 \text{ m} - 1948 \text{ m} = 68 \text{ m}$$

Selisih yang sedikit ini tidak memungkinkan untuk maneuver pesawat, oleh karena itu perhitungan ini menggunakan *exit* N6.

$$\text{Selisih N6 dengan kebutuhan jarak } landing = 2446 \text{ m} - 1948 \text{ m} = 498 \text{ m}$$

karena terdapat penambahan jarak, maka ROT menjadi 32,79 detik.

➤ Untuk pesawat A320 (*departure*)

Kebutuhan jarak *take off* 2300 m, jarak *landing* setelah dikoreksi menjadi:

$$= \text{Jarak } landing \times Fe \times Ft \times Fs$$

$$= 2190 \times 1,0007 \times 1,145195 \times 1,0001 = 2510 \text{ m}$$

kecepatan *take off* 139 knot dan kebutuhan jarak *take off* 2150 meter,
maka: $1 \text{ knot} = 1,852 \text{ km/jam} = 0,5144 \text{ m/det}$
Sehingga $\text{ROT} = 2510 / (139 \times 0,5144) = 33,65 \text{ detik}$

Untuk pergerakan pesawat yang datang diperlukan perhitungan waktu approach, waktu kebutuhan approach merupakan waktu saat pesawat mendekat ke bandara sampai pesawat sampai pada titik touch down. Jarak pesawat mendekat ke bandara sampai titik touch down adalah 7 nm. Berikut adalah perhitungan waktu kebutuhan approach.

Dari tabel 4.9 waktu approach diperoleh dari jarak pesawat approach yakni 7 nm dibagi dengan kecepatan approach masing-masing jenis pesawat

Tabel 4.9 Waktu kebutuhan approach

Actual Arrival / Departure Time	Jenis Pesawat	Arrival / Departure	Kecepatan (knots)	Waktu kebutuhan approach (sec)	
			Approach		
17:10	B737-900	Arrival	240	105	0:01:45
17:10	B737-500	Arrival	220	115	0:01:55
17:10	B737-900	Arrival	240	105	0:01:45
17:10	A320	Arrival	250	101	0:01:41
17:15	ATR42	Arrival	200	126	0:02:06
17:15	A320	Arrival	250	101	0:01:41
17:20	A320	Arrival	250	101	0:01:41
17:25	B737-900	Arrival	240	105	0:01:45
17:30	B737-900	Arrival	240	105	0:01:45
17:30	A330	Arrival	230	110	0:01:50
17:30	A330	Arrival	230	110	0:01:50
17:30	A330	Arrival	230	110	0:01:50
17:30	A330	Arrival	230	110	0:01:50
17:30	A320	Departure	250		
17:35	B737-800	Arrival	250	101	0:01:41
17:35	B737-800	Arrival	250	101	0:01:41
17:36	B737-800	Departure	250		
17:40	A320	Departure	250		
17:42	B737-900	Departure	240		
17:45	B737-900	Departure	240		
17:51	A320	Arrival	250	101	0:01:41
17:51	A320	Arrival	250	101	0:01:41
17:51	A320	Arrival	250	101	0:01:41
17:51	A320	Arrival	250	101	0:01:41
17:55	B737-300	Arrival	220	115	0:01:55
17:55	B737-500	Departure	220		
18:00	B737-900	Arrival	240	105	0:01:45
18:05	B737-800	Arrival	250	101	0:01:41
18:05	B737-900	Arrival	240	105	0:01:45
18:05	B737-900	Arrival	240	105	0:01:45
18:05	B737-900	Departure	240		
18:08	A320	Departure	250		
18:10	A320	Arrival	250	101	0:01:41
18:12	B737-900	Departure	240		
18:14	A330	Departure	230		
18:14	A330	Departure	230		
18:19	B737-900	Departure	240		
18:19	B737-900	Departure	240		
18:22	B737-800	Departure	250		
18:24	A320	Departure	250		
18:35	A320	Arrival	250	101	0:01:41
18:58	B737-800	Arrival	250	101	0:01:41
18:58	B737-800	Arrival	250	101	0:01:41
20:52	A320	Arrival	250	101	0:01:41

. Contoh perhitungan sebagai berikut:

➤ Untuk pesawat B737-800

kecepatan approach = 250 knot

1 knot = 1,852 km/jam = 0,5144 m/det

1 nm = 1852 m

Kebutuhan waktu approach = $(7 \times 1852) / (250 \times 0,5144) = 101$ detik

➤ Untuk pesawat A330

kecepatan approach = 250 knot

1 knot = 1,852 km/jam = 0,5144 m/det

1 nm = 1852 m

Kebutuhan waktu approach = $(7 \times 1852) / (230 \times 0,5144) = 110$ detik

Pada dasarnya perhitungan yang telah dilakukan diatas sudah dapat melihat kapasitas eksisting *runway*. Akan tetapi dalam tesis ini juga dilakukan perhitungan pergerakan pesawat dari *runway* sampai ke *parking stand* yang disediakan maupun sebaliknya. Untuk mengetahui kebutuhan waktu *taxiing* dari *runway* ke *parking stand* atau sebaliknya diperlukan data kecepatan pesawat saat *taxiing* dan data *parking stand* yang digunakan oleh masing-masing maskapai. Kecepatan *taxiing* pesawat biasanya 5 sampai 20 knot tergantung dari jenis pesawat. Pada penelitian ini asumsi kecepatan *taxiing* ditabelkan sebagai berikut.

Tabel 4.10 Asumsi kecepatan *taxiing* berdasarkan kategori pesawat

KATEGORI PESAWAT	KECEPATAN (Knot)	KECEPATAN (m/dtk)
B	10	5.1
C	15	7.7
D	20	10.3

Perhitungan waktu *taxiing* yang dilakukan untuk terminal 1 dan terminal 2 mengacu pada prinsip teori antrian yakni “*first in first out*” dimana pesawat yang pertama datang adalah pesawat yang menempati parkir terdekat dengan *exit taxiway*. Berdasarkan data eksisting pada terminal 1 untuk kategori pesawat B menggunakan *exit* N3, untuk kategori pesawat C menggunakan *exit* N5 dan untuk kategori pesawat D menggunakan *exit* N6. Berikut asumsi *parking stand* yang diakomodasi oleh N3, N5 dan N6.

Tabel 4.11 Asumsi *parking stand* yang diakomodasi *exit* N3

ASUMSI N3 MENGAKOMODASI NO PARKIR PESAWAT 24-31								
Exit N3								
PARKIR TERDEKAT	24	31	25	30	26	29	27	28
JARAK (m)	546	570.5	586	605.5	626	640.5	666	704.9

Tabel 4.12 Asumsi *parking stand* yang diakomodasi *exit* N5

ASUMSI N5 MENGAKOMODASI NO PARKIR PESAWAT 11-22									
Exit N5									
PARKIR TERDEKAT	11	12	14	15	16	17	18	20	22
JARAK (m)	570.5	650.5	730.5	790.5	850.5	910.5	970.5	1050.5	1130.5

Tabel 4.13 Asumsi *parking stand* yang diakomodasi *exit* N6

ASUMSI N6 MENGAKOMODASI NO PARKIR PESAWAT 1-9								
Exit N6								
PARKIR TERDEKAT	5a	6	3b	7	2	8	9	10
JARAK (m)	619.5	689.5	699.5	745.5	779.5	809.5	865.5	929.5

Pada terminal 2 asumsi *parking stand* adalah kategori pesawat C bisa menggunakan semua *parking stand*, sedangkan untuk kategori pesawat D menggunakan prioritas *parking stand* nomor 5, 6, 7, 8 dan untuk nomor *parking stand* lainnya menggunakan 2 slot parkir. Nomor *parking stand* dapat dilihat pada lampiran B layout Bandara Internasional Juanda.

Tabel 4.14 Jarak *exit* S5 untuk *parking stand* 5 sampai 14

Exit S5 melalui SP2 kemudian S2										
PARKIR TERDEKAT	8	7	6	5	9	10	11	12	13	14
JARAK (m)	2867	2942	3017	3092	2792	2837	2882	2927	2972	3017

Tabel 4.15 Jarak *exit* S4 untuk *parking stand* 5 sampai 14

Exit S4 melalui SP2 kemudian S2										
PARKIR TERDEKAT	8	7	6	5	9	10	11	12	13	14
JARAK (m)	2125	2200	2275	2350	2050	2095	2140	2185	2230	2275

Perhitungan jarak *exit* pada tabel 4.14 dan 4.15 diperoleh dari layout Bandara Internasional Juanda dengan menarik garis ujung *exit* S5 dan S4 sampai ke masing-masing muka parkir. Pada terminal 2, *parking stand* terbagi atas *exit* dari S5 atau S4 melalui s2 dan *exit* dari S5 atau S4 melalui S6. Tabel dibawah ini merupakan perhitungan jarak dari *exit* S5 dan S4 yang melalui S6 yang mengakomodasi 4 *parking stand*.

Tabel 4.16 Jarak *exit* S5 untuk *parking stand* 1 sampai 4

Exit S5 melalui SP2 kemudian S6				
PARKIR TERDEKAT	2	3	1	4
JARAK (m)	3167	3212	3212	3302

Tabel 4.17 Jarak *exit* S4 untuk *parking stand* 1 sampai 4

Exit S4 melalui SP2 kemudian S6				
PARKIR TERDEKAT	2	3	1	4
JARAK (m)	1791	1836	1836	1926

Setelah semua jarak dari lokasi *exit* sampai masing-masing *parking stand* didapat, dibutuhkan juga jarak pesawat yang akan departure. Berdasarkan layout yang didapat dari pihak PT. Angkasa Pura I perhitungan jarak dari masing-masing *parking stand* ke threshold ditabelkan sebagai berikut.

Pada tabel 4.18 merupakan jumlah *parking stand* untuk terminal 1. Pada terminal 1 terdapat 31 *parking stand* yang dapat digunakan oleh pesawat. Untuk terminal 1 terdapat beberapa dimensi *parking stand* yang berbeda, hal tersebut digunakan sesuai kategori pesawat yang dilayani. Pengukuran jarak masing-masing *parking stand* dihitung dengan menarik garis dari muka parkir sampai ke threshold R10. Perhitungan ini juga berlaku untuk terminal 2, masing-masing jarak *parking stand* terminal 2 disajikan pada tabel 4.19.

Semua jarak yang didapat untuk selanjutnya dilakukan perhitungan waktu kebutuhan *taxiing* untuk masing-masing jenis pesawat. Tabel 4.20 merupakan waktu kebutuhan *taxiing* pergerakan pesawat berdasarkan data eksisting yang diperoleh.

Tabel 4.18 Jarak *parking stand* terminal 1 ke treshold

JARAK DEPARTURE T1																																
PARKING STAND T1	1	2	3	3b	4	5a	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
JARAK (m)	3273	3233	3193	3153	3153	3093	3143	3199	3263	3319	2753	2673	2753	2793	2833	2443	2403	2343	2283	2323	2363	2193	2153	2113	2073	2113	2153	2193	2231.9	2167.5	2132.5	2097.7

Tabel 4.19 Jarak *parking stand* terminal 2 ke treshold

JARAK DEPARTURE T2														
PARKING STAND T2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
JARAK (m)	503	453	503	553	653	1424	1349	1274	1199	1249	1299	1349	1399	1449

Tabel 4.20 Waktu kebutuhan *taxiing*

Airline	Terminal	Arrival/ Departure	Kategori Pesawat	Exit terdekat	Sudut exit	Kecepatan (m/det)	No. Parking Stand	Jarak (m)	Waktu taxiing (det)	
Lion Air	t1	Arrival	D	N6	30	10.3	5a	865.5	84	0:01:24
Nam Air	t1	Arrival	C	N5	30	7.7	11	570.5	74	0:01:14
Lion Air	t1	Arrival	D	N6	30	10.3	6	689.5	67	0:01:07
Batik Air	t1	Arrival	C	N5	30	7.7	12	650.5	84	0:01:24
Wings Air	t1	Arrival	B	N3	30	5.1	24	546	106	0:01:46
Citilink	t1	Arrival	C	N5	30	7.7	14	730.5	95	0:01:35
Citilink	t1	Arrival	C	N5	30	7.7	15	790.5	102	0:01:42
Lion Air	t1	Arrival	D	N6	30	10.3	3b	699.5	68	0:01:08
Lion Air	t1	Arrival	D	N6	30	10.3	7	745.5	72	0:01:12
Cathay Pacific	t2	Arrival	C	S5	90	7.7	9	2792	362	0:06:02
British Airways	t2	Arrival	C	S5	90	7.7	10	2837	368	0:06:08
Japan Airlines	t2	Arrival	C	S5	90	7.7	11	2882	373	0:06:13
American Airlines	t2	Arrival	C	S5	90	7.7	12	2927	379	0:06:19
Batik Air	t1	Departure	C			7.7	16	2403	311	0:05:11
Garuda Indonesia	t2	Arrival	C	S4	90	7.7	13	2230	289	0:04:49
KLM	t2	Arrival	C	S4	90	7.7	14	2275	295	0:04:55
Garuda Indonesia	t2	Departure	C			7.7	2	453	59	0:00:59
Citilink	t1	Departure	C			7.7	17	2343	304	0:05:04
Lion Air	t1	Departure	D			10.3	2	3233	314	0:05:14
Lion Air	t1	Departure	D			10.3	8	3263	317	0:05:17
Silk Air	t2	Arrival	C	S4	90	7.7	1	1836	238	0:03:58
Garuda Indonesia	t2	Arrival	C	S4	90	7.7	3	1836	238	0:03:58
Virgin Australia	t2	Arrival	C	S4	90	7.7	4	1926	250	0:04:10
Singapore Airlines	t2	Arrival	C	S4	90	7.7	5	2350	305	0:05:05
Sriwijaya	t1	Arrival	C	N5	30	7.7	18	970.5	126	0:02:06
Nam Air	t1	Departure	C			7.7	11	2673	346	0:05:46
Lion Air	t1	Arrival	D	N6	30	10.3	9	865.5	84	0:01:24
Garuda Indonesia	t2	Arrival	C	S4	90	7.7	2	1791	232	0:03:52
Lion Air	t1	Arrival	D	N6	30	10.3	2	779.5	76	0:01:16
Lion Air	t1	Arrival	D	N6	30	10.3	10	929.5	90	0:01:30
Lion Air	t1	Departure	D			10.3	5a	3093	301	0:05:01
Citilink	t1	Departure	C			7.7	14	2833	367	0:06:07
Citilink	t1	Arrival	C	N5	30	7.7	20	1050.5	136	0:02:16
Lion Air	t1	Departure	D			10.3	6	3143	305	0:05:05
Garuda Indonesia	t2	Departure	C			7.7	6	1424	185	0:03:05
Etihad	t2	Departure	C			7.7	7	1349	175	0:02:55
Lion Air	t1	Departure	D			10.3	3b	3153	306	0:05:06
Lion Air	t1	Departure	D			10.3	7	3199	311	0:05:11
Garuda Indonesia	t2	Departure	C			7.7	13	1399	181	0:03:01
Citilink	t1	Departure	C			7.7	15	3193	414	0:06:54
Citilink	t1	Arrival	C	N5	30	7.7	14	730.5	95	0:01:35
Garuda Indonesia	t2	Arrival	C	S4	90	7.7	6	2275	295	0:04:55
China Airlines	t2	Arrival	C	S4	90	7.7	7	2200	285	0:04:45
Air asia	t2	Arrival	C	S4	90	7.7	8	2125	275	0:04:35

Waktu *taxiing* dihitung dengan mengukur jarak *exit taxiway* arah R10 yakni *exit* N3, N5, N6, S4, dan S5 ke masing-masing *parking stand*, setelah jarak masing-masing didapat kemudian dibagi dengan kecepatan pesawat *taxiing*. Contoh perhitungan sebagai berikut:

Jarak *parking stand* 5a = 865,5 m

Kecepatan pesawat = 10,3 m/det

Kebutuhan *taxiing* = 865,5 (m) / 10,3 (m/det) = 84 detik

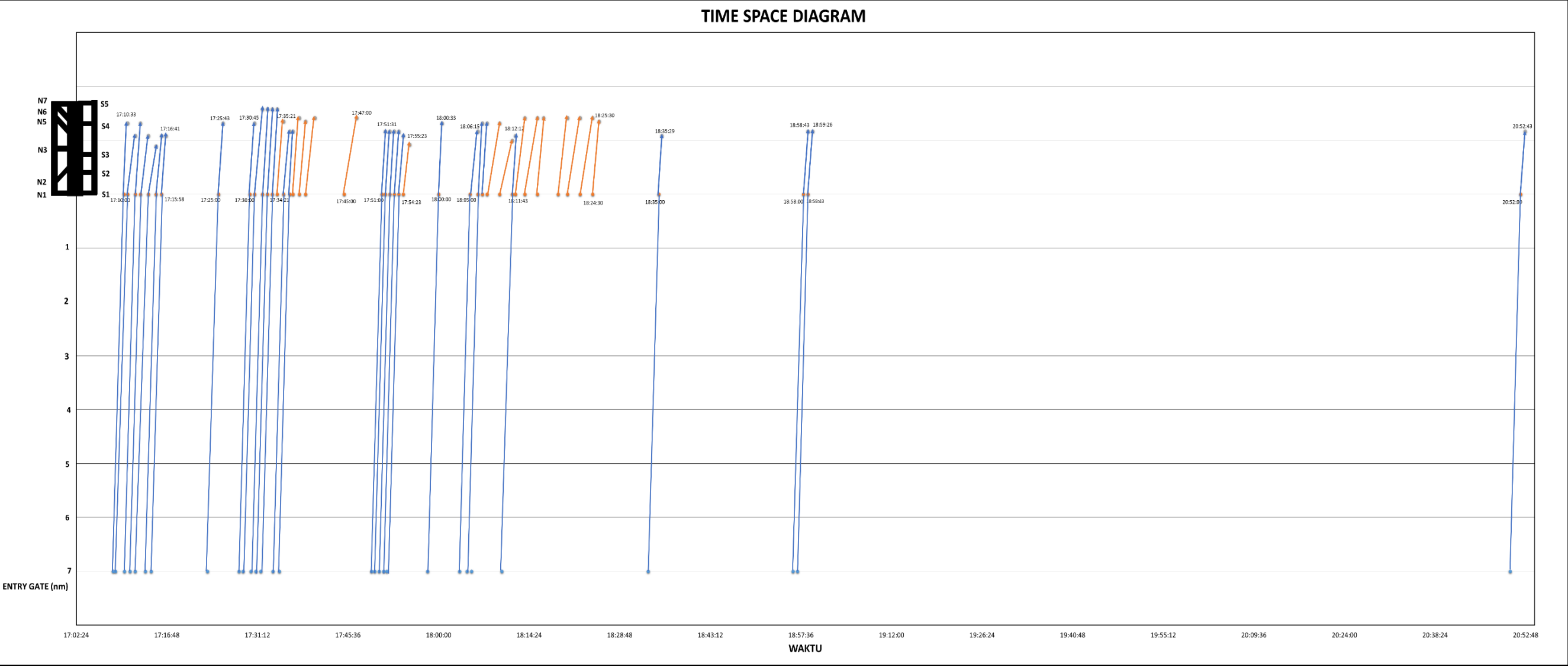
Dari semua perhitungan yang dilakukan diatas, perhitungan tersebut direkap untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan pada masing-masing komponen dan waktu pergerakan kedatangan pesawat dari *approach* hingga parkir di apron serta pergerakan keberangkatan pesawat dari *parking stand* di apron menuju *runway* hingga *waktu take off*. Rekap semua perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.21. Berdasarkan tabel 4.21 dapat diketahui bahwa peak hour seharusnya 17.10 – 18.10 WIB terjadi *delay* hingga pukul 20.52 WIB. Hanya ada 33 pergerakan pesawat selama 1 jam.

Berdasarkan data rekap perhitungan waktu pergerakan pesawat untuk selanjutnya digambar dengan time space diagram pada gambar 4.4. Time space diagram ini memudahkan untuk melihat pergeseran waktu dari yang dijadwalkan dengan actual yang terjadi. Apabila terdapat pergeseran waktu, hal ini berarti terjadi *delay* pada komponen sisi udara bandara. Rata-rata *delay* untuk 44 pergerakan pesawat mencapai 29 menit. *Delay* yang terjadi dapat disebabkan oleh berbagai hal, permasalahan mengenai *delay* lebih detail akan dijelaskan pada sub bab *delay* masing-masing komponen.

Data kapasitas *runway* eksisting digunakan untuk acuan dalam melakukan simulasi. Sistem yang akan dibangun pada simulasi berdasarkan pendekatan data riil dengan alur logika sesuai proses pergerakan pesawat untuk kedatangan dan keberangkatan.

Tabel 4.21 Rekapitan perhitungan kapasitas *runway* eksisting

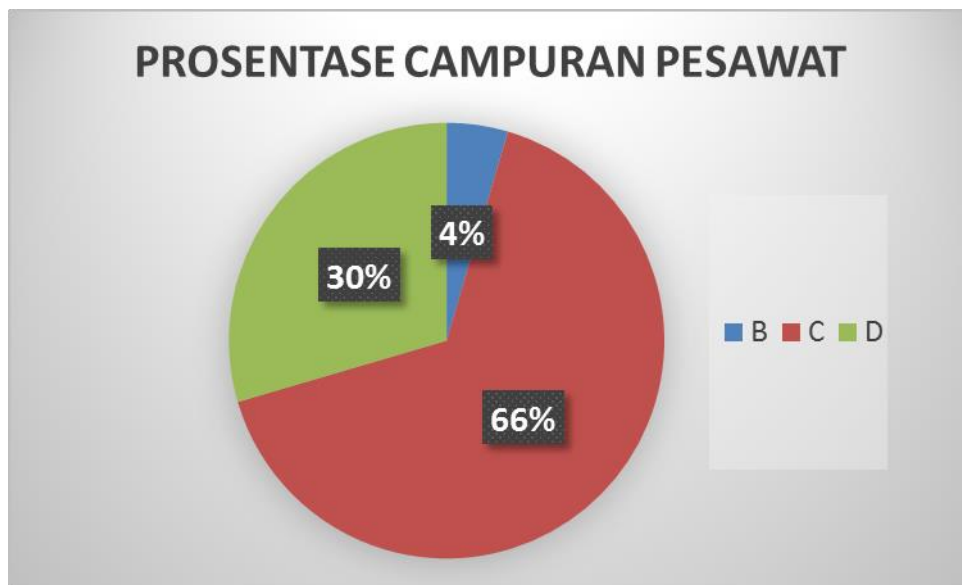
																				Arrival				Departure			
Actual Arrival / Departure Time	Jenis Pesawat	Arrival / Departure	Terminal	Kategori Pesawat	Separation		Jarak Take- off / Landing	Jarak Take off / landing Setelah dikoreksi	Exit terdekat	Kecepatan (knots)			Interarrival time (sec)		Waktu kebutuhan approach (sec)		ROT (sec)		Waktu Kebutuhan Taxiing (sec)		Waktu di approach	Waktu touchdown	Waktu di exit	Waktu di parking stand	Waktu di parking stand	Waktu di treshold	Waktu Lift up
										Approach	Take-off	Landing															
17:10	B737-900	Arrival	t1	D			1700	1948	N6	240	149	145			105	0:01:45	33	0:00:33	84	0:01:24	17:08:15	17:10:00	17:10:33	17:11:57			
17:10	B737-500	Arrival	t1	C	5	nm	1400	1605	N5	220	139	128	75	0:01:15	115	0:01:55	31	0:00:31	74	0:01:14	17:08:38	17:10:33	17:11:48	17:13:02			
17:10	B737-900	Arrival	t1	D	3	nm	1700	1948	N6	240	149	145	49	0:00:49	105	0:01:45	33	0:00:33	67	0:01:07	17:10:03	17:11:48	17:12:37	17:13:44			
17:10	A320	Arrival	t1	C	5	nm	1440	1650	N5	250	145	137	75	0:01:15	101	0:01:41	29	0:00:29	84	0:01:24	17:10:56	17:12:37	17:13:52	17:15:16			
17:15	ATR42	Arrival	t1	B	5	nm	1000	1146	N3	200	110	120	72	0:01:12	126	0:02:06	27	0:00:27	106	0:01:46	17:11:46	17:13:52	17:15:04	17:16:50			
17:15	A320	Arrival	t1	C	3	nm	1440	1650	N5	250	145	137	54	0:00:54	101	0:01:41	29	0:00:29	95	0:01:35	17:13:23	17:15:04	17:15:58	17:17:33			
17:20	A320	Arrival	t1	C	3	nm	1440	1650	N5	250	145	137	43	0:00:43	101	0:01:41	29	0:00:29	102	0:01:42	17:14:17	17:15:58	17:16:41	17:18:23			
17:25	B737-900	Arrival	t1	D	3	nm	1700	1948	N6	240	149	145	43	0:00:43	105	0:01:45	33	0:00:33	68	0:01:08	17:23:15	17:25:00	17:25:43	17:26:51			
17:30	B737-900	Arrival	t1	D	3	nm	1700	1948	N6	240	149	145	45	0:00:45	105	0:01:45	33	0:00:33	72	0:01:12	17:28:15	17:30:00	17:30:45	17:31:57			
17:30	A330	Arrival	t2	C	5	nm	1800	2063	S5	230	145	140	75	0:01:15	110	0:01:50	41	0:00:41	362	0:06:02	17:28:55	17:30:45	17:32:00	17:38:02			
17:30	A330	Arrival	t2	C	3	nm	1800	2063	S5	230	145	140	47	0:00:47	110	0:01:50	41	0:00:41	368	0:06:08	17:30:10	17:32:00	17:32:47	17:38:55			
17:30	A330	Arrival	t2	C	3	nm	1800	2063	S5	230	145	140	47	0:00:47	110	0:01:50	41	0:00:41	373	0:06:13	17:30:57	17:32:47	17:33:34	17:39:47			
17:30	A330	Arrival	t2	C	3	nm	1800	2063	S5	230	145	140	47	0:00:47	110	0:01:50	41	0:00:41	379	0:06:19	17:31:44	17:33:34	17:34:21	17:40:40			
17:30	A320	Departure	t1	C	60	det	2190	2510		250	145	137	60	0:01:00			34	0:00:34	311	0:05:11					17:29:10	17:34:21	17:35:21
17:35	B737-800	Arrival	t2	C	2	nm	1600	1834	S4	250	145	140	29	0:00:29	101	0:01:41	30	0:00:30	289	0:04:49	17:33:40	17:35:21	17:36:21	17:41:10			
17:35	B737-800	Arrival	t2	C	3	nm	1600	1834	S4	250	145	140	43	0:00:43	101	0:01:41	30	0:00:30	295	0:04:55	17:34:40	17:36:21	17:36:51	17:41:46			
17:36	B737-800	Departure	t2	C	60	det	2300	2636		250	145	140	60	0:01:00			35	0:00:35	59	0:00:59					17:35:52	17:36:51	17:37:51
17:40	A320	Departure	t1	C	60	det	2190	2510		250	145	137	60	0:01:00			34	0:00:34	304	0:05:04					17:32:47	17:37:51	17:38:51
17:42	B737-900	Departure	t1	D	90	det	2300	2636		240	149	145	90	0:01:30			34	0:00:34	314	0:05:14					17:33:37	17:38:51	17:40:21
17:45	B737-900	Departure	t1	D	120	det	2300	2636		240	149	145	120	0:02:00			34	0:00:34	317	0:05:17					17:39:43	17:45:00	17:47:00
17:51	A320	Arrival	t2	C	2	nm	1440	1650	S4	250	145	137	30	0:00:30	101	0:01:41	31	0:00:31	238	0:03:58	17:49:19	17:51:00	17:51:31	17:55:29			
17:51	A320	Arrival	t2	C	3	nm	1440	1650	S4	250	145	137	43	0:00:43	101	0:01:41	31	0:00:31	238	0:03:58	17:49:50	17:51:31	17:52:14	17:56:12			
17:51	A320	Arrival	t2	C	3	det	1440	1650	S4	250	145	137	43	0:00:43	101	0:01:41	31	0:00:31	250	0:04:10	17:50:33	17:52:14	17:52:57	17:57:07			
17:51	A320	Arrival	t2	C	3	det	1440	1650	S4	250	145	137	43	0:00:43	101	0:01:41	31	0:00:31	305	0:05:05	17:51:16	17:52:57	17:53:40	17:58:45			
17:55	B737-300	Arrival	t1	C	3	det	1400	1605	N5	220	140	130	43	0:00:43	115	0:01:55	30	0:00:30	126	0:02:06	17:51:45	17:53:40	17:54:23	17:56:29			
17:55	B737-500	Departure	t1	C	60	det	1500	1719		220	139	128	60	0:01:00			24	0:00:24	346	0:05:46					17:48:37	17:54:23	17:55:23
18:00	B737-900	Arrival	t1	D	2	nm	1700	1948	N6	240	149	145	33	0:00:33	105	0:01:45	33	0:00:33	84	0:01:24	17:58:15	18:00:00	18:00:33	18:01:57			
18:05	B737-800	Arrival	t2	C	5	nm	1600	1834	S4	250	145	140	75	0:01:15	101	0:01:41	30	0:00:30	232	0:03:52	18:03:19	18:05:00	18:06:15	18:10:07			
18:05	B737-900	Arrival	t1	D	3	nm	1700	1948	N6	240	149	145	43	0:00:43	105	0:01:45	33	0:00:33	76	0:01:16	18:04:30	18:06:15	18:06:58	18:08:14			
18:05	B737-900	Arrival	t1	D	3	nm	1700	1948	N6	240	149	145	45	0:00:45	105	0:01:45	33	0:00:33	90	0:01:30	18:05:13	18:06:58	18:07:43	18:09:13			
18:05	B737-900	Departure	t1	D	120	det	2300	2636		240	149	145	120	0:02:00			34	0:00:34	301	0:05:01					18:02:42	18:07:43	18:09:43
18:08	A320	Departure	t1	C	120	det	2190	2510		250	145	137	120	0:02:00			34	0:00:34	367	0:06:07					18:03:36	18:09:43	18:11:43
18:10	A320	Arrival	t1	C	2	nm	1440	1650	N5	250	145	137	29	0:00:29	101	0:01:41	29	0:00:29	136	0:02:16	18:10:02	18:11:43	18:12:12	18:14:28			
18:12	B737-900	Departure	t1	D	90	det	2300	2636		240	149	145	90	0:01:30			34	0:00:34	305	0:05:05					18:07:07	18:12:12	18:13:42
18:14	A330	Departure	t2	C	120	det	2300	2636		230	145	140	120	0:02:00			35	0:00:35	185	0:03:05					18:10:37	18:13:42	18:15:42
18:14	A330	Departure	t2	C	60	det	2300	2636		230	145	140	60	0:01:00			35	0:00:35	175	0:02:55					18:12:47	18:15:42	18:16:42
18:19	B737-900	Departure	t1	D	90	det	2300	2636		240	149	145	90	0:01:30			34	0:00:34	306	0:05:06					18:13:54	18:19:00	18:20:30
18:19	B737-900	Departure	t1	D	120	det	2300	2636		240	149	145	120	0:02:00			34	0:00:34	311	0:05:11					18:15:19	18:20:30	18:22:30
18:22	B737-800	Departure	t2	C	120	det	2300	2636		250	145	140	120	0:02:00			35	0:00:35	181	0:03:01					18:19:29	18:22:30	18:24:30
18:24	A320	Departure	t1	C	60	det	2190	2510		250	145	137	60	0:01:00			34	0:00:34	414	0:06:54					18:17:36	18:24:30	18:25:30
18:35	A320	Arrival	t1	C	2	nm	1440	1650	N5	250	145	137	29	0:00:29	101	0:01:41	29	0:00:29	95	0:01:35	18:33:19	18:35:00	18:35:29	18:37:04			
18:58	B737-800	Arrival	t2	C	3	nm	16																				



Gambar 4.4 Time space diagram analysis

4.2. Simulasi Pergerakan Pesawat

Pendekatan simulasi pergerakan pesawat dilakukan berdasarkan data acuan jadwal penerbangan *peak hour* yang telah didapat dari www.flightstats.com. Berdasarkan data yang diperoleh campuran pesawat yang melayani Bandara Internasional Juanda adalah pesawat B, C dan D. Diagram berikut merupakan prosentase kategori pesawat di Bandara Internasional Juanda.



Gambar 4.5 Prosentase campuran pesawat

Pada gambar 4.4. kategori pesawat yang melayani sebanyak 4% untuk pesawat B, 66% untuk pesawat C dan 30% untuk pesawat D. Data prosentase pesawat ini digunakan dalam pendekatan simulasi pergerakan pesawat. Simulasi pergerakan pesawat menggunakan software arena 14 dengan kelebihan kemampuan pengolahan data statistik. Dalam arena terdapat beberapa komponen yang harus dipahami terlebih dahulu. Komponen-komponen tersebut adalah sistem, entitas, atribut, variabel, *resources*, *queue*, *events*, dll yang telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya yakni 2.12.3.

Pada penelitian ini simulasi terbagi 2 yakni berdasarkan data eksisting dan berdasarkan *random number*. Dalam menggunakan simulasi arena terlebih dahulu mendefinisikan model konseptual dan logika dasar pembuatan model simulasi. Urutan model konseptual pergerakan pesawat terbagi atas proses

kedatangan dan keberangkatan, penjelasan masing-masing model konseptual sebagai berikut:

a. Kedatangan Pesawat

1. Kedatangan pesawat pertama

Pada proses ini menentukan pesawat yang akan masuk pertama pada sistem berdasarkan random yakni pesawat jenis B, C dan D.

2. Evaluasi jenis pesawat

Berdasarkan pesawat yang masuk pertama akan dievaluasi apakah pesawat itu berjenis B, C atau D. evaluasi ini ditujukan untuk mengetahui separasi antar pesawat yang nantinya mengacu pada perhitungan interarrival time.

3. Kedatangan pesawat selanjutnya

Kedatangan pesawat selanjutnya berdasarkan random jenis pesawat B, C dan D. Proses ini akan mendeteksi jenis pesawat sebelumnya dan pesawat di *assign* untuk pesawat jenis B keluar melalui *exit* N3, pesawat jenis C keluar melalui *exit* N5 atau S4, sedangkan pesawat jenis D keluar melalui *exit* N6 atau S5. Hal ini dilakukan berdasarkan data acuan perhitungan kapasitas *runway* eksisting. Pendekatan dilakukan berdasarkan karakteristik jenis pesawat yang menggunakan *exit*.

4. Evaluasi aturan pemisahan pesawat

Berdasarkan proses sebelumnya telah diketahui jenis pesawat sebagai *lead* dan *trailing*. Pada proses ini diberikan inputan aturan minimum separasi untuk arrival-arrival pada kondisi IMC.

5. *Assign* menuju *runway*.

Proses selanjutnya pesawat di *assign* menuju *runway* dengan syarat *runway* telah clear.

6. Evaluasi penggunaan *runway*

Pendekatan model simulasi penggunaan *runway* mengacu pada aturan perhitungan kapasitas runway. Terdapat beberapa aturan pengoperasian yang harus dipenuhi (Horonjeff & Mckelvey, 1994):

- Dua pesawat terbang tidak boleh dioperasikan di *runway* pada saat yang bersamaan.
- Pesawat yang datang diberikan prioritas untuk menggunakan *runway* dari pada pesawat yang berangkat.
- Operasi keberangkatan dapat dilakukan apabila *runway* telah bebas dan kedatangan berikutnya paling sedikit berada pada suatu jarak tertentu dari ambang *runway*.

Operasi pesawat pada runway ini ditujukan untuk mengetahui kondisi *clear runway*, karena apabila *runway* masih digunakan maka pesawat akan di hold berdasarkan batasan tertentu. Pada kondisi riil hold yang dimaksud adalah saat pesawat berada di *holding area* untuk menunda pendaratan. Saat pesawat pada kondisi hold dilakukan *record* waktu, hal ini untuk mengetahui berapa lama *delay* yang terjadi.

7. *Assign* menuju *exit*

Apabila *runway* clear pesawat menuju *runway* dengan pemakaian waktu sesuai ROT. Pesawat di *assign* menuju lokasi *exit* (random) berdasarkan jenis pesawat.

8. *Assign* menuju *parking stand* terdekat

Saat pesawat berada di *exit*, pesawat di *assign* menuju *parking stand* terdekat. Selama menuju *parking stand* diberikan data inputan waktu kebutuhan *taxiing*.

9. Evaluasi ketersediaan parkir

Sistematika pemilihan parkir menggunakan prioritas, yakni prioritas jarak *parking stand* paling dekat dengan *exit* yang dipilih terlebih dahulu, apabila jarak terdekat terisi maka menggunakan jarak terdekat kedua dan seterusnya.

10. Proses *groundhandling*

Setelah pesawat menempati *parking stand* untuk selanjutnya pesawat di *delay* selama 45 menit. *Delay* yang dimaksud disini adalah *turnaround time* pesawat. Selama waktu itu pesawat melakukan proses *groundhandling*.

b. Keberangkatan Pesawat

1. Keberangkatan pesawat

Proses keberangkatan disini mengacu pada proses kedatangan pesawat. Karena proses pesawat yang berangkat pertama adalah pesawat yang datang pertama juga pada system.

2. Evaluasi jenis pesawat

Pesawat dievaluasi berdasarkan jenis pesawat yakni B, C, dan D. evaluasi ini bertujuan untuk mendeteksi kebutuhan minimum separasi pesawat.

3. Evaluasi aturan pemisahan pesawat

Sama halnya dengan proses kedatangan apabila telah diketahui jenis pesawat sebagai *lead* dan *trailing*. Pada proses ini akan diberikan inputan aturan minimum separasi untuk departure-departure pada kondisi IMC.

4. Assign menuju runway

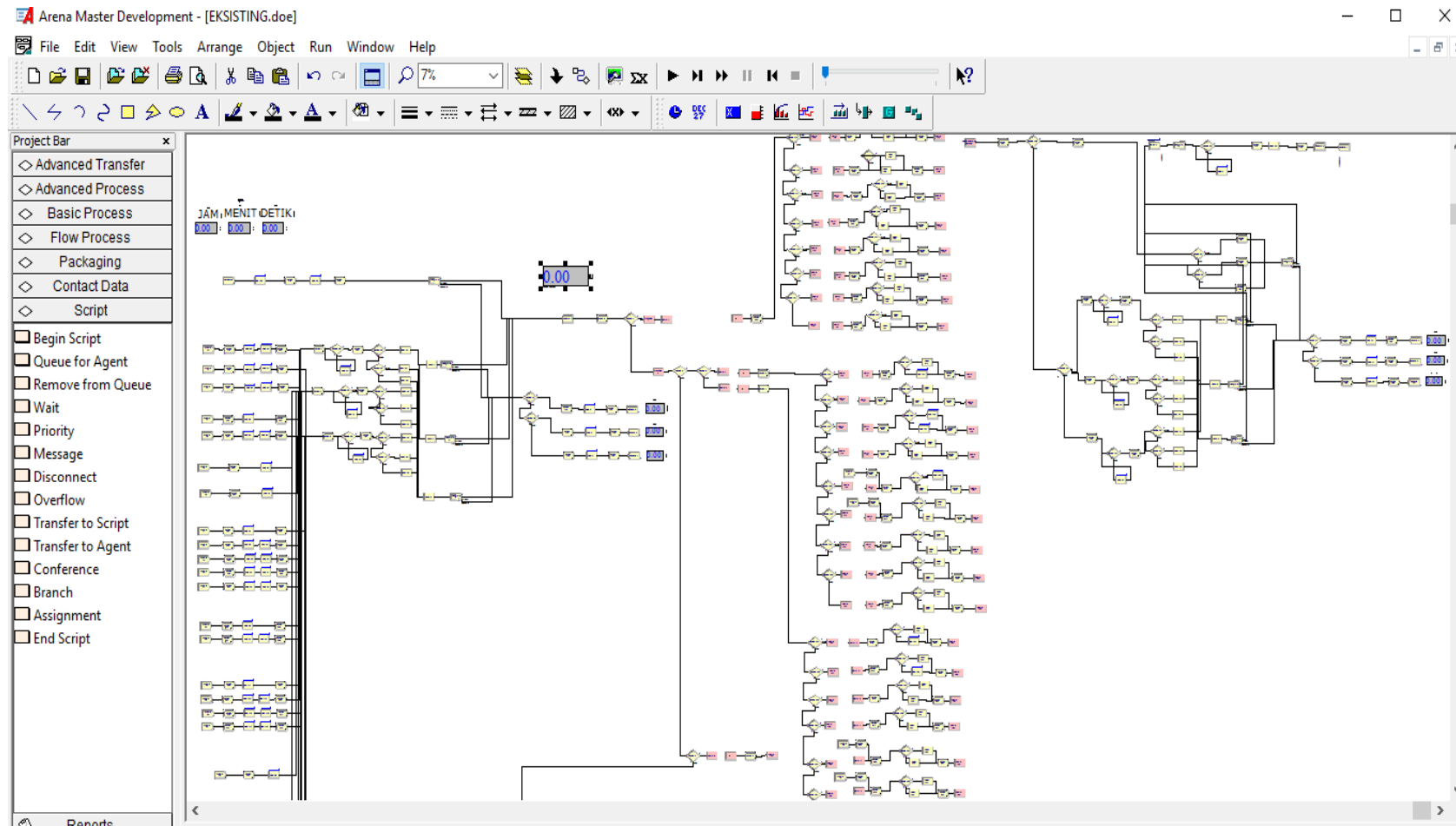
Pesawat ditugaskan menuju *runway* untuk melakukan *take off*

5. Evaluasi penggunaan runway

Sebelum proses *take off*, *runway* dievaluasi apakah telah *clear*. Apabila *runway* belum *clear* maka pesawat akan di hold selama batas tertentu. Pada prinsipnya untuk keberangkatan harus mendahulukan pesawat yang datang terlebih dahulu.

4.2.1. Simulasi Menggunakan Data Eksisting

Model konseptual simulasi data eksisting dibuat berdasarkan *schedule* yang didapat selama *peak hour*. Urutan model konseptual pergerakan pesawat terbagi atas proses kedatangan dan keberangkatan. Perancangan model simulasi data eksisting terdapat 8 sub model pergerakan pesawat. Sub model tersebut adalah kedatangan pesawat pertama, kedatangan pesawat selanjutnya, minimum separasi pesawat kedatangan, penggunaan runway kedatangan, pemilihan parkir, keberangkatan pesawat, minimum separasi pesawat keberangkatan dan penggunaan runway keberangkatan.

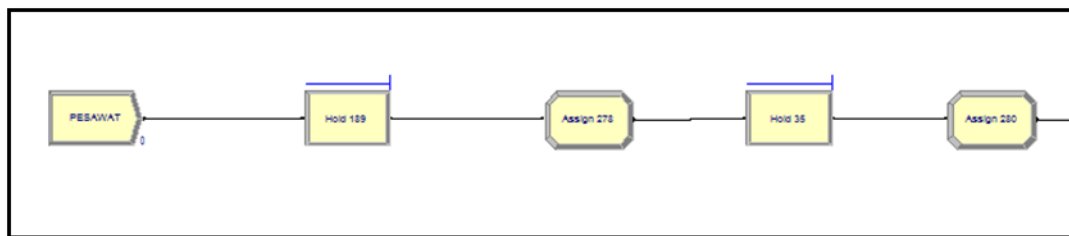


Gambar 4.6 Model arena data eksisting

Gambar 4.5. adalah model simulasi pergerakan pesawat yang dibangun dalam arena. Dalam pemodelan tersebut terdapat 8 sub model yang didetailkan sebagai berikut.

Sub model 1: Kedatangan Pesawat Pertama

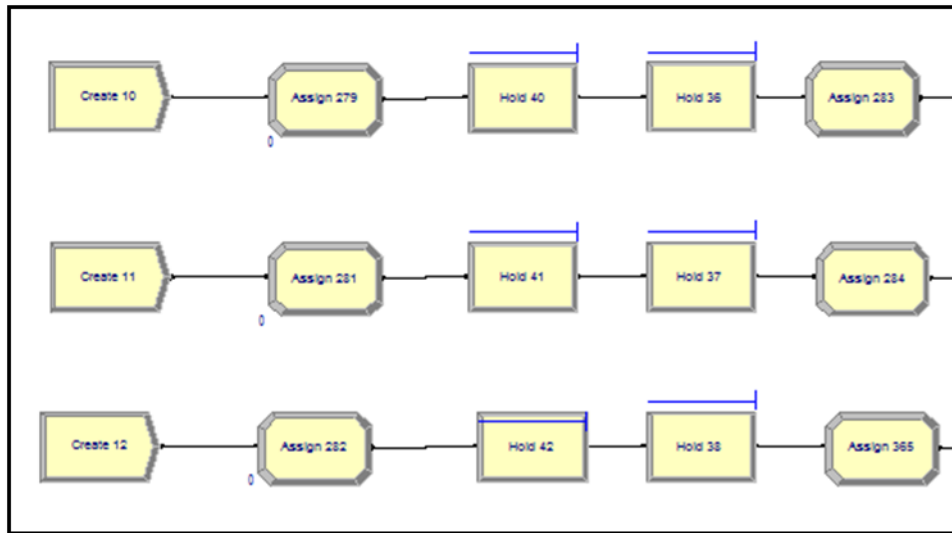
Pesawat pertama diciptakan sesuai dengan *schedule* data eksisting. Dalam pemodelan ini diberikan atribut yakni jenis pesawat, terminal yang digunakan, dan parking stand yang digunakan. Pemodelan ini menggunakan sistem waktu yakni pesawat yang diciptakan akan dilepas sesuai dengan inputan waktu dalam model. Sebagai contoh pesawat datang pukul 17.10, maka dalam pemodelan ini dibuat hold dengan inputan jam ke 17 menit ke 10 dan detik ke 1. Pesawat tersebut akan ditahan dan kemudian dilepas sesuai waktu tersebut. Pemodelan kedatangan pesawat pertama digambarkan pada gambar 4.6.



Gambar 4.7 Sub model 1 data eksisting

Sub Model 2: Kedatangan Pesawat Selanjutnya

Penciptaan pesawat selanjutnya menggunakan model yang sama dengan pesawat pertama. Masing-masing pesawat yang datang diciptakan dan diberikan atribut jenis pesawat, terminal yang digunakan yakni T1 atau T2, dan parking stand yang digunakan. Data-data inputan telah disesuaikan dengan perhitungan sebelumnya yakni sub bab perhitungan kapasitas runway. Pesawat yang datang ditahan sampai waktu tertentu dan dilepas sesuai dengan waktu actual dari jadwal kedatangan pesawat eksisting.

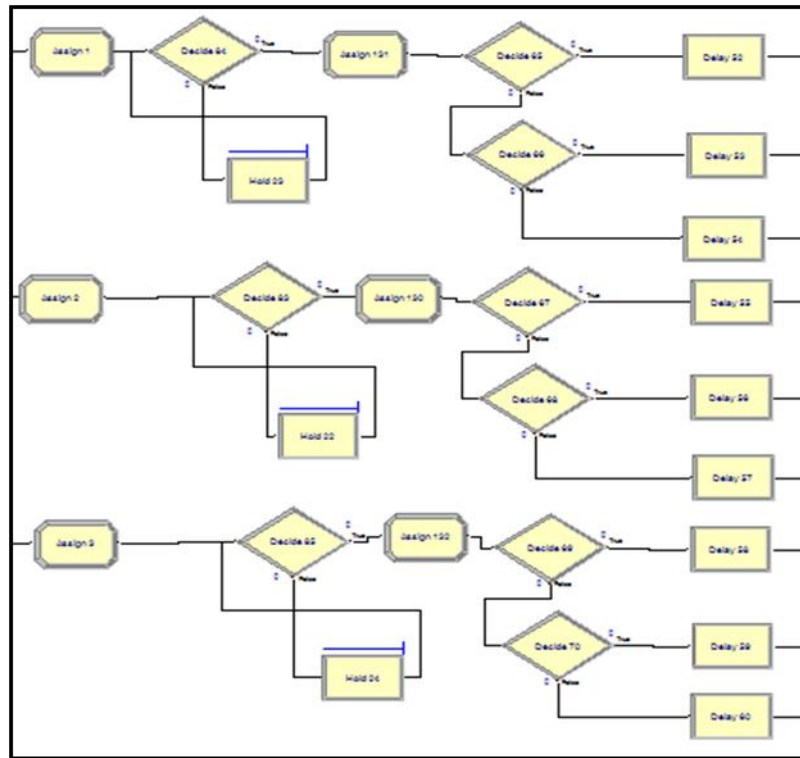


Gambar 4.8 Sub model 2 data eksisting

Gambar 4.7 merupakan pemodelan untuk pesawat yang datang. Pada gambar tersebut terdapat *create* yang merupakan penciptaan pesawat, *assign* merupakan pemberian atribut untuk pesawat yakni jenis pesawat, terminal yang digunakan dan *parking stand* yang digunakan. Sedangkan hold pada pemodelan ini adalah pemodelan yang dibuat untuk memberikan inputan waktu kedatangan pesawat, misalnya pesawat akan datang pada pukul 17.30 maka pada hold diberikan inputan jam = 17 menit = 30 dan detik = 1 yang artinya pesawat akan datang pada waktu tersebut.

Sub Model 3: Minimum Separasi Pesawat Kedatangan

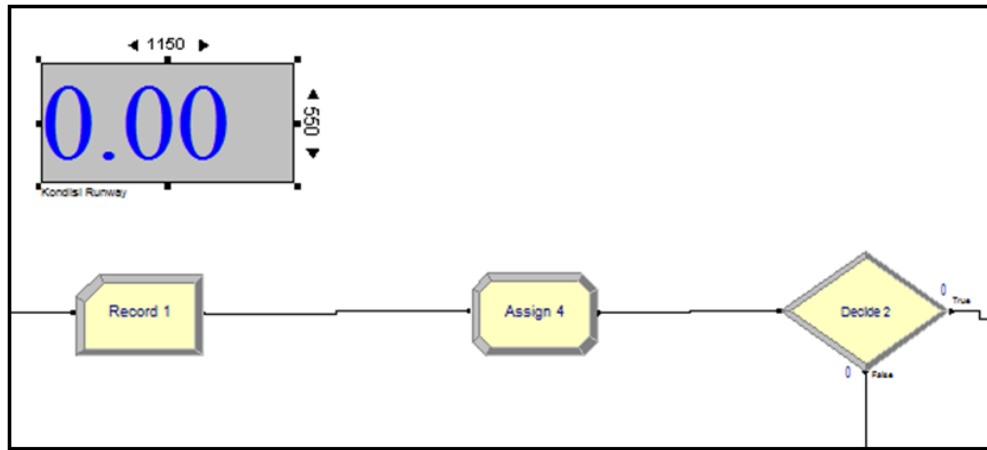
Aturan minimum separasi pesawat harus dipenuhi yakni pada kondisi IMC untuk arrival-arrival. Pemodelan ini dibuat untuk memenuhi aturan dalam menjaga jarak antar pesawat *lead* dan *trailing*. Model yang dibuat diberi inputan *interarrival time* sesuai dengan kategori pesawat. Pada pemodelan dibangun untuk masing-masing kategori pesawat yakni pesawat B diikuti oleh B, C dan D, pesawat C diikuti oleh B, C dan D, untuk pesawat D juga sama diikuti oleh B, C dan D. Pemodelan tersebut diberikan *delay* untuk inputan waktu kebutuhan minimum separasi, misalnya pesawat C diikuti oleh pesawat C maka separasi yang dibutuhkan adalah 3 nm atau 43 detik. Pemodelan minimum separasi pesawat digambarkan pada gambar 4.8.



Gambar 4.9 Sub model 3 data eksisting

Sub Model 4: Penggunaan *Runway*

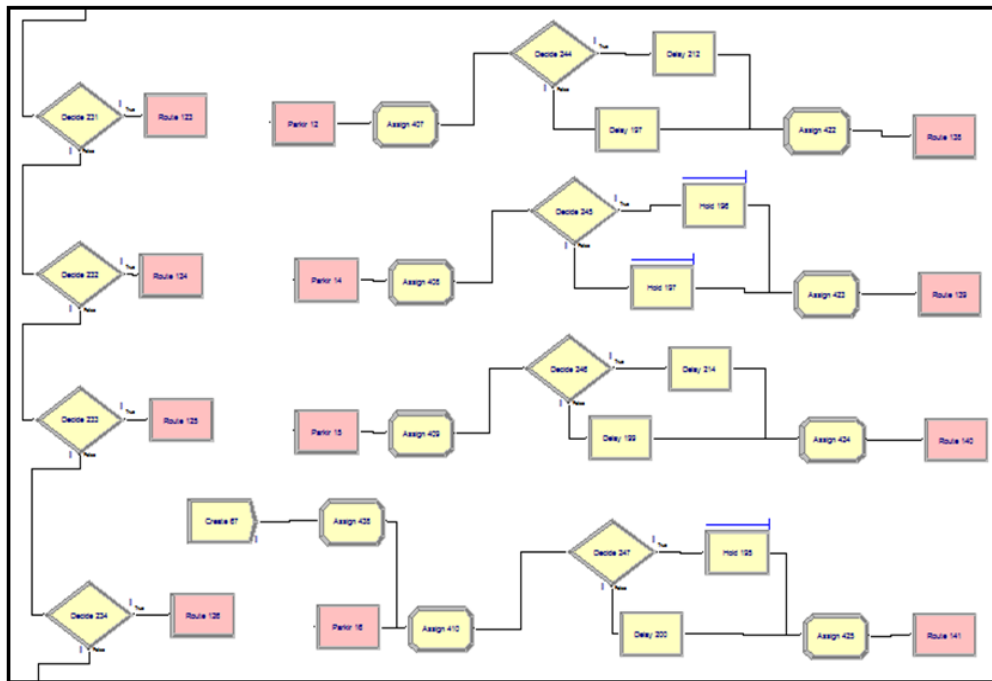
Pemodelan runway mengikuti aturan pengoperasian penggunaan runway dalam buku *Planning & Design of Airports* (Horenjeff, dkk, 2010). Aturan tersebut adalah tidak boleh ada dua pesawat yang beroperasi pada runway secara bersamaan, pesawat yang datang diberikan prioritas untuk memakai runway dari pada pesawat yang berangkat, antara pesawat yang satu dengan yang lain memenuhi minimum separasi. Dalam pemodelan ini diberikan record untuk mengetahui jumlah pesawat datang, record tersebut untuk mengetahui apakah jumlah pesawat yang datang pada simulasi telah sama dengan jumlah kedatangan pesawat data eksisting.



Gambar 4.10 sub model 4 data eksisting

Sub Model 5: Pemilihan *Parking Stand*

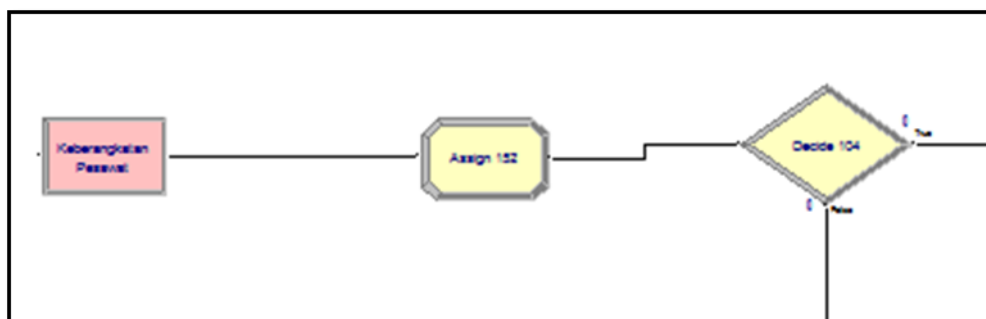
Pada sub model ini pemilihan parkir telah ditentukan. Model ini dibuat sesuai dengan kondisi parkir yang digunakan di Bandara Internasional Juanda, penentuan pemilihan parkir mengacu pada perhitungan kapasitas runway yakni perhitungan *taxiing*. Terdapat beberapa model yakni apabila ada pesawat yang telah mengisi slot parkir terlebih dahulu kemudian melakukan keberangkatan. Model kedua yakni apabila ada pesawat yang datang kemudian parkir akan tetapi tidak melakukan keberangkatan. Model ketiga untuk *parking stand* yakni apabila ada pesawat datang kemudian menggunakan parkir dengan waktu minimal 1 jam 4 menit dan melakukan keberangkatan. Model keempat yakni apabila terdapat pesawat datang lalu menggunakan *parking stand* kemudian berangkat, dan parking stand tersebut digunakan untuk pesawat lain yang datang selanjutnya. Pemodelan yang diuraikan diatas, digambarkan pada gambar 4.11.



Gambar 4.11 Sub model 5 data eksisting

Sub Model 6: Keberangkatan Pesawat

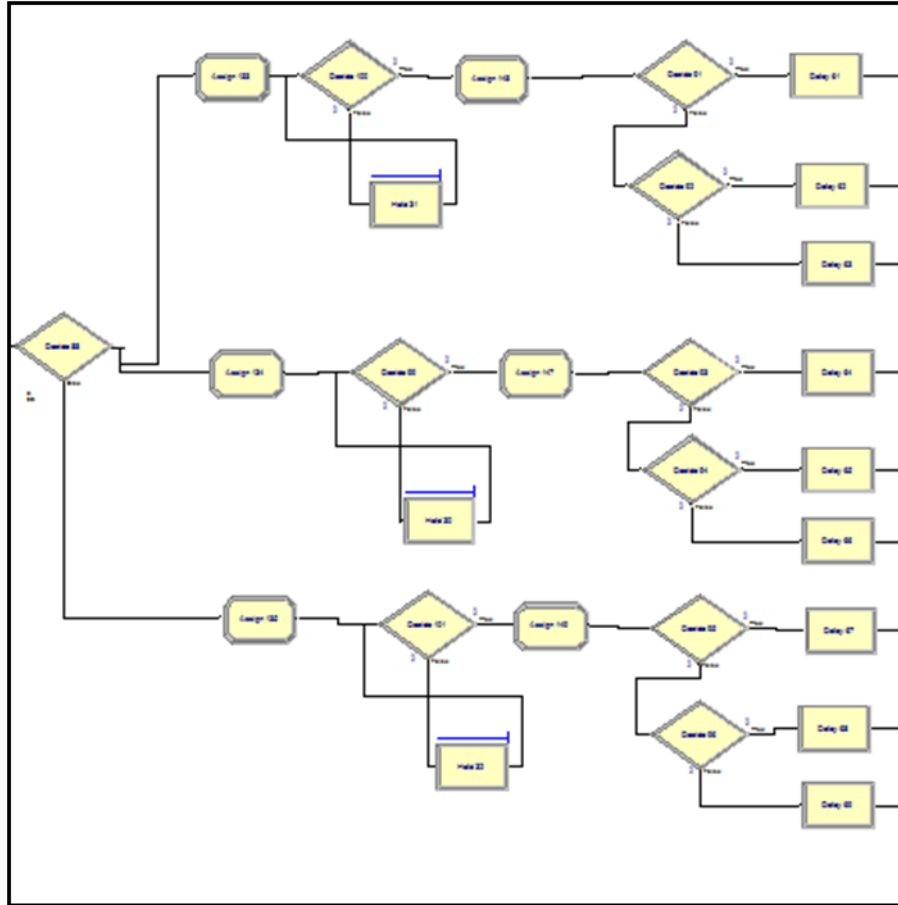
Model keberangkatan pesawat pada gambar 4.12 merupakan pemodelan pergerakan pesawat dari *parking stand* untuk melakukan *take off*. Pesawat berangkat sesuai dengan jadwal keberangkatan. Input jadwal keberangkatan diberikan pada sub model pemilihan parkir, jadi apabila pesawat telah parkir dan pesawat tersebut ada jadwal keberangkatan maka pesawat akan dilepas sesuai dengan jam yang dijadwalkan.



Gambar 4.12 Sub model 6 data eksisting

Sub Model 7: Minimum Separasi Pesawat Keberangkatan

Sama halnya dengan minimum separasi pesawat kedatangan, dalam model ini pesawat yang telah parkir dan akan berangkat dideteksi sesuai dengan jenis pesawat masing-masing. Model pada gambar 4.13 ini dibentuk untuk memudahkan dalam pengaturan jarak minimum antar keberangkatan pesawat (*departure-departure*).

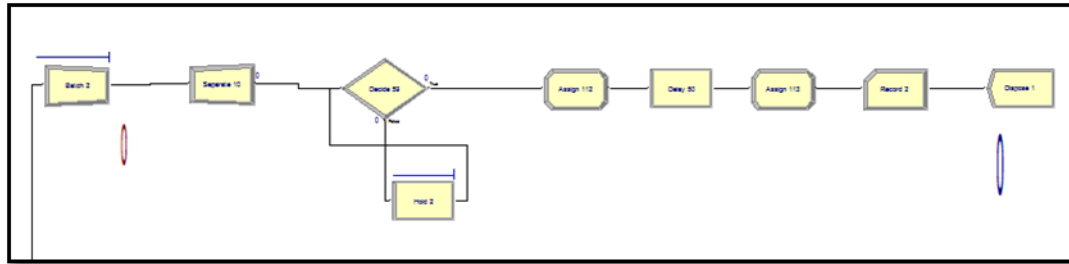


Gambar 4.13 sub model 7 data eksisting

Sub Model 8: Penggunaan Runway Keberangkatan

Pemodalan pada gambar 4.14 dibangun untuk mengetahui penggunaan runway keberangkatan pesawat dan *delay* yang terjadi sebelum pesawat melakukan *take off*. Pesawat yang terdapat jadwal keberangkatan akan bergerak dari posisi masing-masing *parking stand* sesuai dengan jam keberangkatan yang diperhitungkan pada kapasitas *runway*, kemudian pesawat *taxiing* menuju

threshold sebelum melakukan *take off*. Pada pemodelan ini dibuat record penggunaan runway, yang nantinya digunakan untuk validasi simulasi.



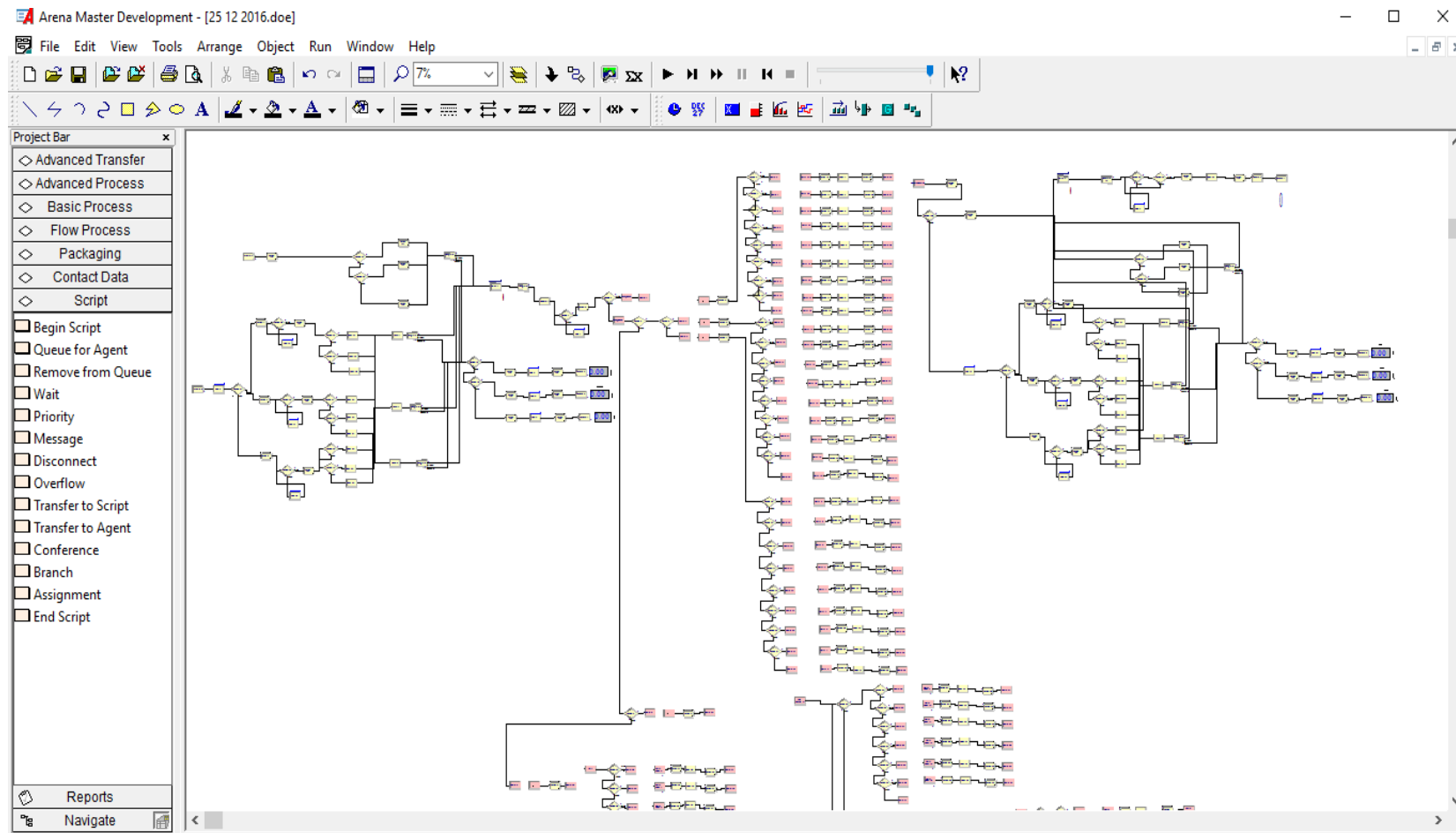
Gambar 4.14 sub model 8 data eksisting

Simulasi yang dibuat pada sub model yang diuraikan diatas diberikan inputan waktu yang dibutuhkan untuk masing-masing komponen sisi udara Bandara Internasional Juanda, hal ini untuk mendekati kondisi riil yang ada pada bandara. Simulasi data eksisting yang dimodelkan tentunya terdapat perbedaan dengan hasil perhitungan kapasitas runway pada sub bab sebelumnya. Perbedaan tersebut dikarenakan pada simulasi waktu penggunaan runway menggunakan ROT sedangkan pada perhitungan kapasitas runway menggunakan pilihan maksimum antara *interarrival time* dan ROT. Model ini dibuat dengan tujuan untuk validasi untuk perhitungan kapasitas eksisting runway, dan untuk selanjutnya model ini digunakan sebagai acuan dari pemodelan simulasi *random number*. Untuk mengetahui apakah alur logika yang dibuat dalam model telah sesuai dengan perhitungan data eksisting dapat dilihat melalui inputan data per komponen model dan hasil *running*. Hasil *running* menunjukkan bahwa terdapat 29 pesawat yang datang dan 15 pesawat yang berangkat. Hasil tersebut sesuai dengan jadwal penerbangan yang didapat. Dapat disimpulkan bahwa alur logika yang dibangun dalam arena telah valid. Validasi kedua dapat dilakukan dengan melihat *delay* yang terjadi pada kedatangan pesawat. *Delay* dari hasil *running* simulasi dijelaskan pada sub bab *delay* masing-masing komponen. Hasil *running* simulasi secara keseluruhan berdasarkan data eksisting dapat dilihat pada lampiran C.

4.2.2. Model Simulasi *Random number*

Tujuan dari simulasi *random number* ini adalah untuk mengetahui maksimum kapasitas *runway* Bandara Internasional Juanda, serta *delay* pergerakan pesawat yang terjadi di sisi udara bandara. Pemodelan simulasi *random number* terdiri 7 submodel yaitu submodel kedatangan pesawat peratama, sub model kedatangan pesawat selanjutnya dan minimum separasi pesawat kedatangan, sub model penggunaan *runway* kedatangan, sub model pemilihan *parking stand*, sub model keberangkatan pesawat, sub model minimum separasi pesawat keberangkatan dan sub model penggunaan runway keberangkatan. Pada model ini hal pertama yang dilakukan membangun model dengan prosentase komposisi pesawat serta banyaknya kedatangan maksimum pesawat yang mengacu pada data eksisting. Setelah model dibangun dilakukan *running* selama 1 jam, 2 jam dan 3 jam. *Running* 1 jam pertama diasumsikan bahwa *parking stand* kosong, hal ini berarti keberangkatan pesawat dimulai saat pesawat telah melakukan *trunarround time* selama 1 jam 4 menit. Untuk jam berikutnya kondisi *parking stand* sudah terisi oleh pesawat dan sistem telah berjalan seperti kondisi eksisting.

Dalam simulasi *random number* ini nantinya juga akan dicoba untuk merubah prosentase komposisi jenis pesawat, banyaknya kedatangan pesawat dan prosentase pesawat yang menggunakan *parking stand*. Hal ini ditujukan untuk mengetahui campuran pesawat mana yang dapat memaksimumkan kapasitas runway serta besarnya *delay* yang terjadi. Model konseptual dari *random number* dapat dilihat pada gambar 4.15.

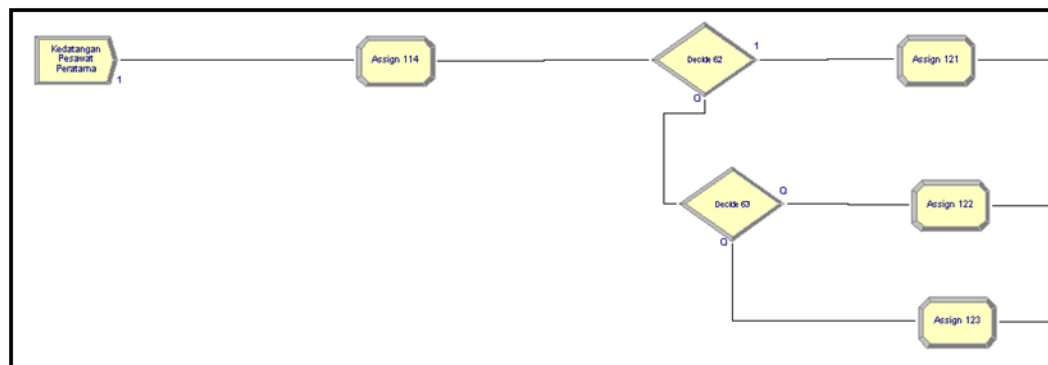


Gambar 4.15 Model arena *random number*

Pemodelan simulasi *random number* dibangun hampir sama dengan model konseptual simulasi data eksisting. Hal yang berbeda adalah apabila simulasi data eksisting pesawat telah terjadwal, pemilihan terminal telah ada, pemilihan *parking stand* ditentukan sedangkan pada simulasi *random number* pesawat diciptakan secara random, pemilihan terminal dan *parking stand* juga secara random. Pemodelan ini digambarkan pada gambar 4.15 dan masing-masing sub model dijelaskan sebagai berikut.

Sub model 1: Kedatangan Pesawat Pertama

Pada sub model ini dibuat untuk menciptakan pesawat yang datang pertama secara random yakni jenis pesawat B, C, dan D. Sub model ini dimaksudkan untuk mengetahui interarrival time jenis pesawat B, C dan D yang datang selanjutnya. Tujuan dari pembuatan model ini adalah sebagai *lead* untuk pesawat berikutnya. Karena pengaturan pesawat *lead* dan *trailing* berpengaruh pada minimum separasi pesawat. Pemodelan dalam arena untuk kedatangan pesawat pertama dapat dilihat pada gambar 4.16.

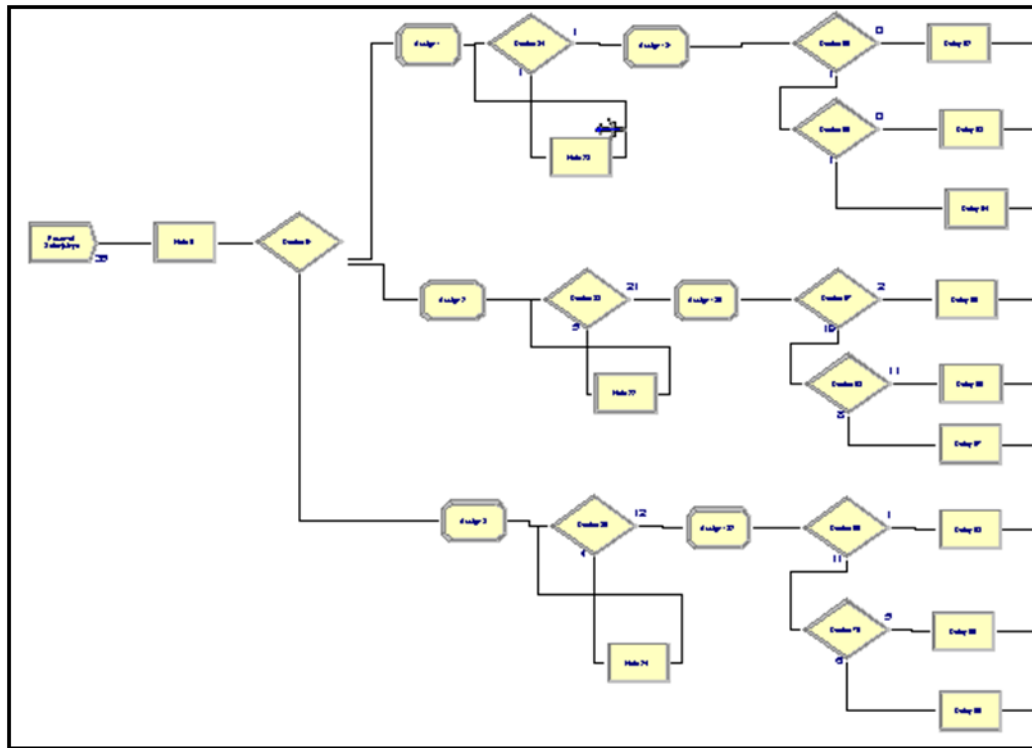


Gambar 4.16 Sub model 1 simulasi *random number*

Sub model 2: Kedatangan Pesawat Selanjutnya Dan Minimum Separasi Pesawat Kedatangan

Sub model 2 ini bertujuan untuk menciptakan pesawat selanjutnya secara random dan memberikan inputan untuk aturan minimum pemisahan pesawat. Aturan pemisahan pesawat harus diberikan untuk menjaga jarak antar pesawat *lead* dan *trailing* untuk arrival-arrival pada kondisi IMC. Pada gambar 4.17 konsep yang dibangun sama dengan simulasi data eksisting, model dibuat

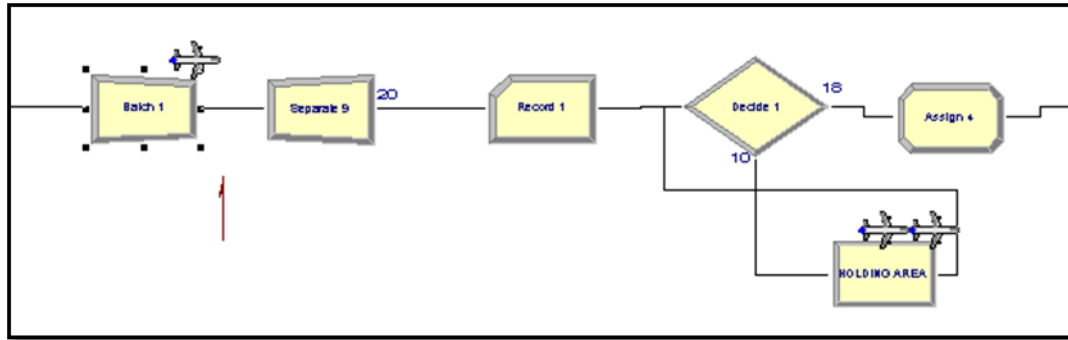
untuk masing-masing jenis pesawat, dan diberikan inputan waktu minimum separasi pesawat.



Gambar 4.17 Sub model 2 simulasi *random number*

Sub Model 3 : Penggunaan *Runway* Kedatangan

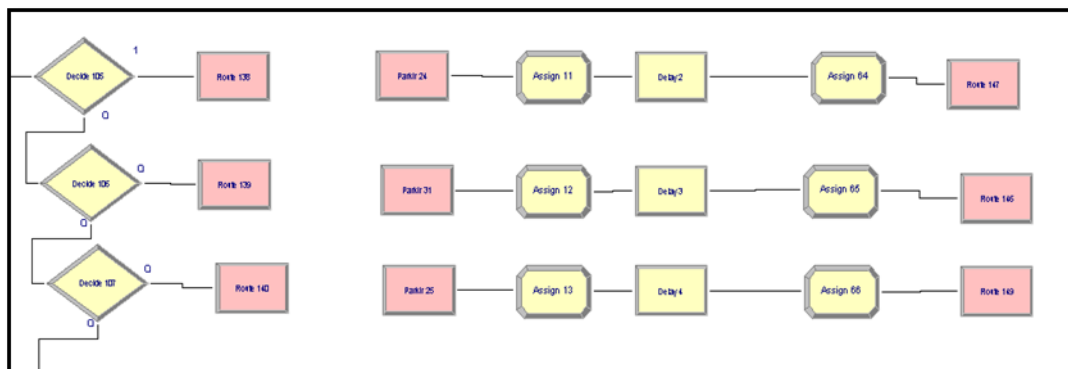
Pada pemodelan sebelumnya, pesawat diciptakan secara *infinite*. Oleh karena itu sebelum pesawat menggunakan runway, pesawat dikumpulkan (*batch*) secara random. Hal ini bertujuan agar runway tidak hanya digunakan untuk pesawat yang datang, melainkan juga digunakan untuk pesawat yang berangkat. Random untuk nilai *batch* yang pertama adalah 1-5 dikarenakan acuan jadwal penerbangan data eksisting terdapat lima pesawat yang datang pada jam bersamaan. Untuk *running* selanjutnya dengan mengubah prosentase komposisi pesawat, nilai *batch* ini juga akan dirubah. Perubahan ini ditujukan untuk mengetahui apabila terjadi tingkat kedatangan pesawat yang tinggi pada suatu bandara, sehingga besarnya *delay* kedatangan pesawat dapat diketahui. Gambar 4.18 adalah pemodelan penggunaan *runway* untuk kedatangan pesawat dalam arena.



Gambar 4.18 Sub model 3 simulasi *random number*

Sub Model 4: Pemilihan *Parking Stand*

Pemodelan pemilihan *parking stand* ini dimulai dari pergerakan pesawat secara random menuju *exit* yang ditentukan yakni *exit* N3, *exit* N5, dan *exit* N6 untuk terminal 1. Sedangkan untuk terminal 2 pergerakan pesawat secara random menuju *exit* S4 dan S5. Pemilihan *parking stand* menggunakan prioritas dari *exit* terdekat. Dalam hal ini prioritas yang dimaksud adalah apabila *parking stand* terdekat dari *exit* sudah terisi maka menggunakan *parking stand* terdekat selanjutnya. Setelah pesawat menempati parkir, pesawat tersebut diberikan waktu *delay* selama 1 jam 4 menit yakni melakukan kegiatan *groundhandling*. Apabila waktu telah berjalan selama 1 jam 4 menit maka pesawat dapat berangkat menuju *trashlod*. *Trunarround* tersebut berdasarkan penelitian yang dilakukan sebelumnya di Bandara Internasional Juanda.

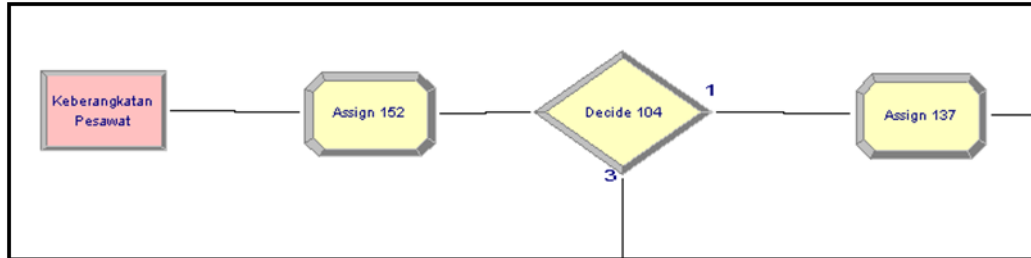


Gambar 4.19 Sub model 4 simulasi *random number*

Sub Model 5: Keberangkatan Pesawat

Pemodelan keberangkatan pesawat berbeda dengan pemodelan kedatangan pesawat. Pada pemodelan kedatangan pesawat, kedatangan pesawat pertama

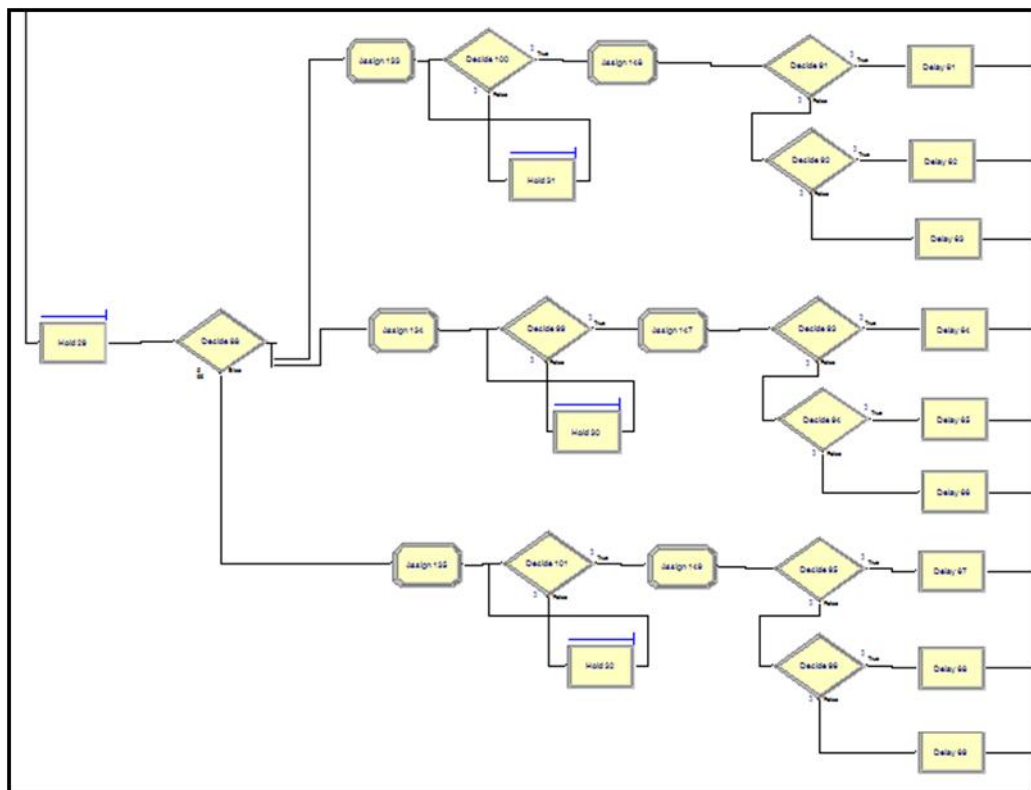
diciptakan secara random, sedangkan pada pemodelan keberangkatan pesawat tidak diciptakan akan tetapi didapat dari pesawat yang telah menempati parkir. Pesawat yang berangkat merupakan pesawat yang telah parkir dan memenuhi waktu *turnaround time* selama 1 jam 4 menit. Gambar berikut adalah bentuk pemodelan untuk keberangkatan pesawat.



Gambar 4.20 sub model 5 simulasi *random number*

Sub Model 6: Minimum Separasi Pesawat Keberangkatan

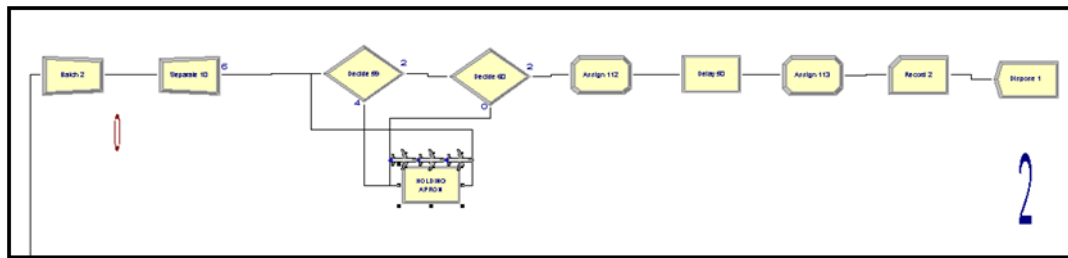
Setelah dibentuk model untuk keberangkatan pesawat, selanjutnya dibuat model untuk mendeteksi jenis pesawat masing-masing, hal ini bertujuan untuk memberikan inputan jarak antar keberangkatan pesawat (*departure-departure*).



Gambar 4.21 sub model 6 simulasi *random number*

Sub Model 7: Penggunaan Runway Keberangkatan

Pemodelan penggunaan runway keberangkatan sama halnya dengan penggunaan runway kedatangan. Dari posisi masing-masing parking stand, pesawat akan *taxiing* menuju ujung runway (*threshold*) sebelum melakukan *take off*. Pesawat yang akan menggunakan runway dikumpulkan (*batch*) secara random. Random untuk nilai *batch* adalah 0-2 diakarenakan acuan jadwal penerbangan data eksisting terdapat dua pesawat yang berangkat pada jam bersamaan. Random untuk nilai *batch* ini dapat dirubah untuk mengetahui variasi penggunaan runway dan besarnya *delay*. Pemodelan penggunaan runway untuk keberangkatan pesawat dapat dilihat pada gambar 4.22.



Gambar 4.22 sub model 7 simulasi *random number*

Dari ketujuh model yang telah dijelaskan, model tersebut diberi inputan waktu. Dalam software arena, model dapat dijalankan berdasarkan waktu. Data waktu yang dibutuhkan diantaranya waktu minimum separasi pesawat untuk kondisi *arrival-arrival*, *runway occupancy time*, waktu *taxiing* setelah pesawat *landing* ataupun akan *take off*, dan waktu minimum separasi pesawat untuk kondisi *departure-departure*. Setelah diberikan inputan waktu untuk setiap sub model, maka sistem dapat dijalankan (*running*).

Pemodelan untuk simulasi *random number* dilakukan *running* selama 1 jam, 2 jam, dan 3 jam. Perbedaan *running* dilakukan untuk mengetahui kondisi bandara pada saat tidak ada pesawat di *parking stand* sampai pesawat mengisi *parking stand*. Hasil *running* tersebut akan menunjukkan jumlah pergerakan kedatangan pesawat, keberangkatan pesawat, *parking stand* yang terpakai,

delay yang terjadi di ruang udara (*holding area*), dan *delay* yang terjadi sebelum pesawat dapat melakukan *take off* (*holding apron*).

Berikut adalah hasil simulasi random number dengan komposisi pesawat B 5%, pesawat C 66% dan pesawat D 29% (sesuai dengan kondisi eksisting).

Hasil *running* menggunakan 3 replikasi selama 1 jam:

- Replikasi 1: terdapat 26 kedatangan pesawat dan tidak ada keberangkatan pesawat. Tidak adanya keberangkatan pesawat karena *turnaround time* selama 1 jam 4 menit, sedangkan *running* hanya selama 1 jam. Rata-rata *delay* pada *holding area* 0,6 menit.
- Replikasi 2: pesawat yang datang berjumlah 34 pesawat dan tidak ada pesawat yang berangkat. Rata-rata *delay* pada *holding area* 0,7 menit
- Replikasi 3: jumlah pesawat yang datang 33 pesawat dan tidak ada keberangkatan pesawat. Rata-rata *delay* pada *holding area* 0,6 menit.

Hasil *running* simulasi *random number* menggunakan 3 replikasi selama 2 jam:

- Replikasi 1: terdapat 64 kedatangan pesawat dan 17 keberangkatan pesawat. Rata-rata *delay* pada *holding area* 0,8 menit dan rata-rata *delay* di *holding apron* sebesar 1,8 menit.
- Replikasi 2: pesawat yang datang berjumlah 59 pesawat dan pesawat yang berangkat berjumlah 23. Rata-rata *delay* pada *holding area* 0,6 menit dan rata-rata *delay* yang terjadi di *holding apron* sebesar 1 menit.
- Replikasi 3: jumlah pesawat yang datang 71 pesawat dan 17 keberangkatan pesawat. Rata-rata *delay* pada *holding area* 0,7 menit dan rata-rata *delay* di *holding apron* 1 menit.

Berikut adalah hasil *running* simulasi *random number* menggunakan 3 replikasi selama 3 jam:

- Replikasi 1: terdapat 97 kedatangan pesawat dan 46 keberangkatan pesawat. Rata-rata *delay* pada *holding area* 0,7 menit dan rata-rata *delay* di *holding apron* sebesar 2 menit.
- Replikasi 2: pesawat yang datang berjumlah 87 pesawat dan pesawat yang berangkat berjumlah 43. Rata-rata *delay* pada *holding area* 0,6

menit dan rata-rata *delay* yang terjadi di *holding apron* sebesar 1,1 menit.

- Replikasi 3: jumlah pesawat yang datang 105 pesawat dan 43 keberangkatan pesawat. Rata-rata *delay* pada *holding area* 0,7 menit dan rata-rata *delay* di *holding apron* 1,6 menit.

Hasil *running* dapat dilihat pada lampiran D “Hasil *Running* Simulasi Random Number Berdasarkan Komposisi Pesawat Eksisting”. Dari hasil *running* selama 1 jam, 2 jam dan 3 jam *delay* yang terjadi kecil, dikarenakan pada pemodelan ini pesawat diciptakan secara *infinite*. Untuk pemakaian parking stand terdapat 31 *parking stand* T1 dan 14 *parking stand* T2, dari total *parking stand* yang tersedia masih mampu menampung pergerakan pesawat. Berdasarkan hal tersebut *delay* pada apron memberikan pengaruh yang kecil karena kapasitas apron Bandara Internasional Juanda masih dapat mengakomodasi banyaknya jumlah pergerakan pesawat yang ada saat ini.

Untuk mengetahui campuran pesawat mana yang dapat memaksimalkan kapasitas *runway* serta besarnya *delay* yang terjadi dilakukan simulasi dengan merubah prosentase komposisi jenis pesawat, banyaknya kedatangan pesawat dan prosentase pesawat yang menggunakan *parking stand*. Berikut adalah hasil *running* dari beberapa percobaan yang dilakukan:

1. Komposisi pesawat B 5%, pesawat C 70%, pesawat D 25% dengan kondisi parking stand telah terisi 30% dan nilai *batch* untuk kedatangan (1,10) dan keberangkatan pesawat secara random (1,2).

Hasil *running* selama 1 jam dengan 3 replikasi sebagai berikut:

- Replikasi 1: kedatangan pesawat sebanyak 26 dan keberangkatan pesawat sebanyak 11. Rata-rata *delay* pada *holding area* sebesar 1,38 menit dengan nilai maksimum 3,9 menit. Rata-rata *delay* di *holding apron* sebesar 0,8 menit dengan nilai maksimum 2,5 menit.
- Replikasi 2: pesawat yang datang berjumlah 23 pesawat dan pesawat yang berangkat berjumlah 13. Rata-rata *delay* pada *holding area* sebesar 1 menit dengan nilai maksimum 2 menit. Rata-rata

delay di *holding apron* sebesar 2,7 menit dengan nilai maksimum 4,8 menit.

- Replikasi 3: jumlah pesawat yang datang 25 pesawat dan 12 keberangkatan pesawat. Rata-rata *delay* pada *holding area* sebesar 1 menit dengan nilai maksimum 2 menit. Rata-rata *delay* di *holding apron* sebesar 2,2 menit dengan nilai maksimum 4,8 menit.

Hasil *running* dapat dilihat pada lampiran E “Hasil *Running* Simulasi Random Number Percobaan 1”.

2. Komposisi pesawat B 5%, pesawat C 70%, pesawat D 25% dengan kondisi parking stand telah terisi 50% dan nilai *batch* untuk kedatangan (1,10) dan keberangkatan pesawat secara random (1,2).

Hasil *running* selama 1 jam dengan 3 replikasi sebagai berikut:

- Replikasi 1: kedatangan pesawat sebanyak 30 dan keberangkatan pesawat sebanyak 20. Rata-rata *delay* pada *holding area* sebesar 1,7 menit dengan nilai maksimum 4,2 menit. Rata-rata *delay* di *holding apron* sebesar 9 menit dengan nilai maksimum 19 menit.
- Replikasi 2: pesawat yang datang berjumlah 24 pesawat dan pesawat yang berangkat berjumlah 21. Rata-rata *delay* pada *holding area* sebesar 0,7 menit dengan nilai maksimum 1,8 menit. Rata-rata *delay* di *holding apron* sebesar 1,2 menit dengan nilai maksimum 2,2 menit.
- Replikasi 3: jumlah pesawat yang datang 23 pesawat dan 21 keberangkatan pesawat. Rata-rata *delay* pada *holding area* sebesar 0,6 menit dengan nilai maksimum 1,9 menit. Rata-rata *delay* di *holding apron* sebesar 8,8 menit dengan nilai maksimum 16 menit.

Hasil *running* dapat dilihat pada lampiran E “Hasil *Running* Simulasi Random Number Percobaan 2”.

3. Komposisi pesawat B 2%, pesawat C 80%, pesawat D 18% dengan kondisi parking stand terisi 30% dan nilai *batch* untuk kedatangan (1,10) dan nilai *batch* untuk keberangkatan pesawat secara random (1,5).

Hasil *running* selama 1 jam dengan 3 replikasi sebagai berikut:

- Replikasi 1: kedatangan pesawat sebanyak 24 dan keberangkatan pesawat sebanyak 4. Rata-rata *delay* pada *holding area* sebesar 1 menit dengan nilai maksimum 2 menit. Rata-rata *delay* di *holding apron* sebesar 0,9 menit dengan nilai maksimum 1,4 menit.
- Replikasi 2: pesawat yang datang berjumlah 24 pesawat dan pesawat yang berangkat berjumlah 21. Rata-rata *delay* pada *holding area* sebesar 0,7 menit dengan nilai maksimum 1,8 menit. Rata-rata *delay* di *holding apron* sebesar 1,2 menit dengan nilai maksimum 2,9 menit.
- Replikasi 3: jumlah pesawat yang datang 28 pesawat dan 4 keberangkatan pesawat. Rata-rata *delay* pada *holding area* sebesar 1,3 menit dengan nilai maksimum 3 menit. Tidak ada *delay* di *holding apron*.

Hasil *running* dapat dilihat pada lampiran E “Hasil *Running* Simulasi Random Number Percobaan 3”.

4. Komposisi pesawat B 2%, pesawat C 80%, pesawat D 18% dengan kondisi parking stand telah terisi 50% dan nilai *batch* untuk kedatangan (1,10) dan nilai *batch* untuk keberangkatan pesawat secara random (1,5).

Hasil *running* selama 1 jam dengan 3 replikasi sebagai berikut:

- Replikasi 1: kedatangan pesawat sebanyak 29 dan keberangkatan pesawat sebanyak 12. Rata-rata *delay* pada *holding area* sebesar 1,8 menit dengan nilai maksimum 5,8 menit. Rata-rata *delay* di *holding apron* sebesar 2,7 menit dengan nilai maksimum 4,7 menit.
- Replikasi 2: pesawat yang datang berjumlah 22 pesawat dan pesawat yang berangkat berjumlah 12. Rata-rata *delay* pada *holding area* sebesar 0,7 menit dengan nilai maksimum 1,8 menit. Rata-rata *delay* di *holding apron* sebesar 2 menit dengan nilai maksimum 3,8 menit.
- Replikasi 3: jumlah pesawat yang datang 35 pesawat dan 14 keberangkatan pesawat. Rata-rata *delay* pada *holding area* sebesar

1,2 menit dengan nilai maksimum 3,2 menit. Rata-rata *delay* di *holding apron* sebesar 3,7 menit dengan nilai maksimum 8,9 menit. Hasil *running* dapat dilihat pada lampiran E “Hasil *Running* Simulasi Random Number Percobaan 4”.

Berdasarkan percobaan yang dilakukan dengan beberapa replikasi pemakaian runway maksimum adalah 50 pergerakan pesawat dengan 30 kedatangan pesawat dan 20 keberangkatan pesawat. Komposisi pergerakan pesawat tersebut adalah pesawat B sebesar 5%, pesawat C sebesar 70%, pesawat D sebesar 25% dan kondisi *parking stand* telah terisi 50%. Semakin banyak kedatangan pesawat secara bersamaan, nilai *delay* untuk kedatangan semakin besar. Nilai *delay* kedatangan berpengaruh pada *delay* keberangkatan, karena keberangkatan pesawat mendahului kedatangan pesawat. Prosentase penggunaan *parking stand* di bandara berpengaruh pada besarnya *delay*, semakin besar prosentase penggunaan *parking stand* maka semakin besar juga nilai *delay* untuk pergerakan pesawat.

4.3. Delay Masing-Masing Komponen

Pada sub bab ini akan memperhitungkan *delay* dari masing-masing komponen sisi udara. Perhitungan *delay* terbagi atas *delay* berdasarkan kondisi eksisting dan *delay* berdasarkan hasil simulasi.

4.3.1. Delay Kondisi Eksisting

Pada kondisi eksisting *delay* dapat diperoleh dengan membandingkan antara jadwal penerbangan dan jadwal aktual. Secara garis besar *delay* dapat dirata-rata langsung dengan mengetahui selisih waktu dari jadwal penerbangan dan jadwal actual. Untuk mengetahui rata-rata *delay* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.22 *Delay* kondisi eksisting

No	Airline	Arrival / Departure Time	Actual Arrival / Departure Time	Delay	Arrival / Departure
1	Lion Air	17:10	17:10	On time	Arrival
2	Nam Air	17:10	17:10	On time	Arrival
3	Lion Air	17:10	17:10	On time	Arrival
4	Batik Air	17:15	17:10	On time	Arrival
5	Wings Air	17:15	17:15	On time	Arrival
6	Citilink	17:15	17:15	On time	Arrival
7	Citilink	17:20	17:20	On time	Arrival
8	Lion Air	17:25	17:25	On time	Arrival
9	Garuda Indonesia	17:25	17:35	0:10:00	Arrival
10	KLM	17:25	17:35	0:10:00	Arrival
11	Citilink	17:25	17:40	0:15:00	Departure
12	Lion Air	17:30	17:30	0:00:00	Arrival
13	Citilink	17:30	18:35	1:05:00	Arrival
14	Lion Air	17:30	18:12	0:42:00	Departure
15	Batik Air	17:30	17:30	On time	Departure
16	Cathay Pacific	17:40	17:30	On time	Arrival
17	British Airways	17:40	17:30	On time	Arrival
18	Japan Airlines	17:40	17:30	On time	Arrival
19	American Airlines	17:40	17:30	On time	Arrival
20	Garuda Indonesia	17:45	18:58	1:13:00	Arrival
21	China Airlines	17:45	18:58	1:13:00	Arrival
22	Garuda Indonesia	17:45	18:05	0:20:00	Arrival
23	Citilink	17:45	18:08	0:23:00	Departure
24	Garuda Indonesia	17:45	17:36	On time	Departure
25	Lion Air	17:45	18:19	0:34:00	Departure
26	Lion Air	17:45	17:45	0:00:00	Departure
27	Silk Air	17:50	17:51	0:01:00	Arrival
28	Garuda Indonesia	17:50	17:51	0:01:00	Arrival
29	Virgin Australia	17:50	17:51	0:01:00	Arrival
30	Singapore Airlines	17:50	17:51	0:01:00	Arrival
31	Lion Air	17:50	18:19	0:29:00	Departure
32	Lion Air	17:50	17:42	On time	Departure
33	Sriwijaya	17:55	17:55	On time	Arrival
34	Nam Air	17:55	17:55	On time	Departure
35	Lion Air	18:00	18:00	On time	Arrival
36	Air asia	18:00	20:52	2:52:00	Arrival
37	Garuda Indonesia	18:00	18:14	0:14:00	Departure
38	Etihad	18:00	18:14	0:14:00	Departure
39	Citilink	18:00	18:24	0:24:00	Departure
40	Lion Air	18:05	18:05	On time	Arrival
41	Lion Air	18:05	18:05	On time	Arrival
42	Lion Air	18:05	18:05	On time	Departure
43	Citilink	18:10	18:10	On time	Arrival
44	Garuda Indonesia	18:10	18:22	0:12:00	Departure
Rata-rata delay				0:28:49	≈ 29 Menit

Dari tabel 4.22 dapat diketahui bahwa rata-rata *delay* secara garis besar yakni 29 menit. Terjadinya *delay* tersebut tentunya bervariasi. Apabila dilihat dari status arrival dan terdapat *delay*, maka *delay* disebabkan dari bandara asal. *Delay* dari bandara asal terjadi dari range 10 menit hingga 3 jam. Menurut peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 89 Tahun 2015 apabila terjadi *delay* selama 30 menit – 3 jam maka maskapai wajib memberikan kompensasi yakni:

- Kategori 1, keterlambatan 30 menit s/d 60 menit; kompensasi berupa minuman ringan
- Kategori 2, keterlambatan 61 menit s/d 120 menit; kompensasi berupa minuman dan makanan ringan (*snack box*)
- Kategori 3, keterlambatan 121 menit s/d 180 menit; kompensasi berupa minuman dan makanan berat (*heavy meal*)

Penyebab *delay* yang lain yakni dari aktivitas sisi udara bandara. Berikut uraian *delay* yang dapat dilakukan analisis.

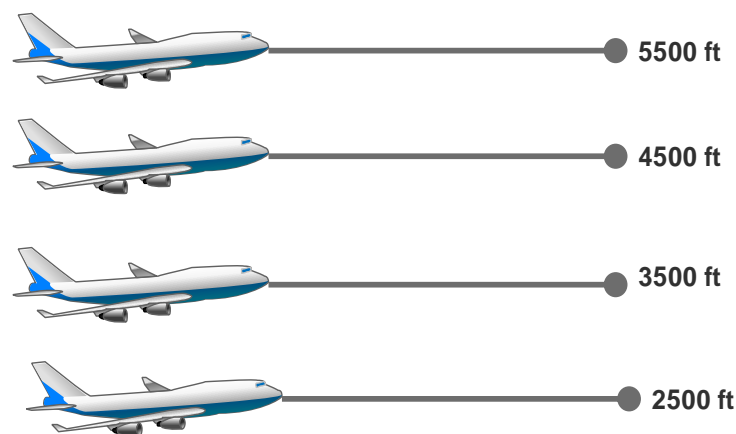
1. Delay Ruang Udara

Untuk menganalisis *delay* di ruang udara dapat diketahui dari tingginya tingkat kedatangan pesawat dan aktivitas runway. Berdasarkan data eksisting terdapat lima kedatangan pesawat secara bersamaan. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa tidak mungkin pesawat *touchdown* pada jam yang sama, oleh karena itu terdapat pesawat yang antri di *holding area* karena tidak dapat melakukan landing. Hal ini dapat dilakukan analisis berapa lama pesawat berada di *holding area*. Berikut adalah perhitungan waktu *delay* di ruang udara.

Tabel 4.23 Perhitungan waktu antar pesawat di ruang udara

Maskapai	Jadwal Kedatangan	Jenis Pesawat	Kategori Pesawat	Separasi (detik)	Waktu approach	Selisih waktu
Lion Air	17:30	B737-900	D		17:28:15	
Cathay Pacific	17:30	A330	C	75	17:28:55	0:00:40
British Airways	17:30	A330	C	47	17:30:10	0:01:55
Japan Airlines	17:30	A330	C	47	17:30:57	0:02:42
American Airlines	17:30	A330	C	47	17:31:44	0:03:29

Pada tabel 4.23 dapat diketahui pesawat kategori D datang diikuti oleh pesawat C pada waktu bersamaan. Rata-rata minimum separasi pesawat adalah 54 detik. Untuk mengetahui waktu antrian pesawat ditarik waktu dari pesawat approach kemudian dihitung selisih waktu untuk pesawat berikutnya. Selisih waktu tersebut menunjukkan bahwa pesawat mengalami *delay* di *holding stack*. Pada bab sebelumnya diketahui bahwa pesawat dalam sekali putaran pada *holding area* membutuhkan waktu selama 1 menit. Apabila pesawat yang akan mendarat berada pada ketinggian 2500ft, maka pesawat berikutnya selisih 1000 ft.



Gambar 4.23 Posisi holding pesawat

Gambar 4.23 menunjukkan terdapat 4 pesawat yang berada di *holding area* karena tidak dapat landing karena aktivitas runway. Setiap pesawat di pisahkan oleh jarak vertical 1000 ft dan jarak horizontal yakni separasi minimum untuk arrival-arrival

2. *Delay* di Runway

Salah satu elemen yang penting dalam mengoptimalkan kapasitas *runway* yakni mengurangi waktu yang dihabiskan oleh pesawat di *runway*. *Delay* bisa terjadi karena penggunaan waktu ROT. Pada penelitian yang dilakukan oleh Sutrisno Harianto Simanjuntak (2016), menyebutkan bahwa di

Bandara Internasional Juanda terdapat penambahan dari jarak exit yang seharusnya. Penambahan jarak pesawat rata – rata adalah 400 m.

Tabel 4.24 Selisih jarak exit

Jenis Pesawat	Jarak Landing (m)	Exit seharusnya	Exit yang digunakan	Selisih jarak exit (m)
B 737-900	1948	N5	N6	430
B 737-500	1605	N3	N5	353
B 737-300	1605	N3	N5	353
A 320	1650	N3	N5	353

Dari tabel 4.24 apabila dilihat dari *landing distance*, pesawat yang seharusnya *landing* kemudian keluar runway secara teori harus melalui exit taxiway N3 akan tetapi pada kenyataan menggunakan N5 atau N6. Sedangkan yang seharusnya keluar N5 menggunakan N6.

Dalam penelitian Sutrisno Harianto Simanjuntak (2016) juga menyebutkan penggunaan yang mengikuti perhitungan exit taxiway secara teori, yaitu exit taxiway N3 hanya sekitar 21%, artinya sekitar 79% terjadi penyimpangan yang akan berpotensi *delay* bagi pesawat lain yang akan *landing* ataupun *departure*. Penggunaan runway memberikan pengaruh besar untuk *delay* di ruang udara karena pesawat tidak dapat *landing* sebelum runway clear. Selain itu penggunaan runway juga memberikan pengaruh yang besar untuk *delay* pada saat pesawat yang akan berangkat, karena adanya antrian pesawat di *holding apron*.

3. Delay di Apron

Delay yang terjadi di apron biasanya dikarenakan waktu pemakaian *ground handling*. Pada penelitian yang dilakukan Hersanti Rahayu (2016) di terminal 1 Bandara Internasional Juanda rata-rata waktu *aircraft turnaround* sebesar 1 jam 4 menit. Untuk pesawat yang mengalami keterlambatan dalam melakukan proses *ground handling* memiliki kelebihan waktu bervariasi antara 2 menit hingga 157 menit dengan rata-rata 22 menit. Pada prinsipnya apabila terjadi *delay* pada waktu *block on*

maka pesawat yang akan menggunakan parkir tidak dapat segera parkir karena menunggu pesawat tersebut sampai selesai melakukan proses *ground handling*. Dalam simulasi yang dilakukan, proses *ground handling* menggunakan waktu yang sama dengan penelitian sebelumnya yakni 1 jam 4 menit. Hasil simulasi menunjukkan jumlah *parking stand* yang tersedia di Bandara Internasional Juanda sebanyak 31 untuk T1 dan 14 untuk T2 masih bisa menampung pergerakan pesawat. Berdasarkan hal tersebut *delay* di apron hanya memberikan pengaruh sedikit.

4.3.2. Delay Hasil Simulasi

Pemodelan simulasi yang dibangun dalam arena, dapat diketahui *delay* yang terjadi selama sistem dijalankan. Untuk mengetahui *delay* yang terjadi pada hasil simulasi dibedakan menjadi *delay* berdasarkan kondisi eksisting dan *delay* berdasarkan *random number*.

1. Delay simulasi kondisi eksisting

Pada dasarnya *delay* untuk simulasi kondisi eksisting dihitung untuk melakukan validasi terhadap model yang dibangun dalam simulasi arena. Validasi pertama adalah jumlah kedatangan dan keberangkatan pesawat yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, validasi kedua adalah *delay* yang terjadi. *Delay* dapat dihitung berdasarkan jadwal kedatangan pesawat yang bersamaan. Untuk mengetahui *delay* yang terjadi dapat dilihat hasil *running* simulasi eksisting pada tabel 4.25.

Tabel 4.25 hasil *running* simulasi eksisting

Summary for Replication 1 of 1

Project: Unnamed Project
Analyst: Rockwell Automation

Run execution date : 1/15/2017
Model revision date: 1/15/2017

Replication ended at time : 4.0 Hours
Base Time Units: Hours

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
Entity 1.VATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	76
Entity 1.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	76
Entity 1.WaitTime	.48489	(Insuf)	.00361	5.9497	76
Entity 1.TranTime	.03621	(Insuf)	.00000	.48444	76
Entity 1.OtherTime	.18531	(Insuf)	.00000	4.7466	76
Entity 1.TotalTime	.41131	(Insuf)	.00361	2.5800	76
Hold 50.Queue.WaitingTime	.40972	(Insuf)	.40972	.40972	1
Hold 182.Queue.WaitingTime	1.0819	(Insuf)	1.0819	1.0819	1
Hold 22.Queue.WaitingTime	.02028	(Insuf)	.01194	.03583	13
Hold 48.Queue.WaitingTime	.32778	(Insuf)	.32778	.32778	1
Hold 30.Queue.WaitingTime	.02479	(Insuf)	.00806	.05778	12
Hold 162.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 35.Queue.WaitingTime	.16389	(Insuf)	.16389	.16389	1
Hold 56.Queue.WaitingTime	.49167	(Insuf)	.49167	.49167	1
Hold 64.Queue.WaitingTime	.57361	(Insuf)	.57361	.57361	1
Hold 23.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 196.Queue.WaitingTime	.76694	(Insuf)	.76694	.76694	1
Hold 114.Queue.WaitingTime	1.5736	(Insuf)	1.5736	1.5736	1
Hold 24.Queue.WaitingTime	.01250	(Insuf)	.01250	.01250	1
Hold 156.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 164.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 52.Queue.WaitingTime	.49167	(Insuf)	.49167	.49167	1

Berdasarkan data eksisting terdapat lima kedatangan pesawat jenis C secara bersamaan. Analisis *delay* pada *holding area* dapat dilakukan dengan melihat antrian yang terjadi pada hold 24 dan hold 22. Hold 24 merupakan waktu rata-rata separasi minimum pesawat kategori D diikuti C, hold 22 merupakan waktu rata-rata berdasarkan separasi minimum antar pesawat kategori C diikuti C. Hasil *running* diketahui rata-rata waktu pada hold 24 adalah 0,01250 atau 0,75 menit sedangkan hold 22 sebesar 0,2028 jam yang artinya 1,2 menit. Dari data tersebut maka terdapat empat antrian pesawat dengan akumulasi waktu sebagai berikut.

Tabel 4.26 Antrian pesawat di ruang udara hasil simulasi kondisi eksisting

Maskapai	Jadwal Kedatangan	Jenis Pesawat	Kategori Pesawat	Rata-rata antrian pada hold (menit)	Akumulasi
Lion Air	17:30	B737-900	D		
Cathay Pacific	17:30	A330	C	0.75	0.75
British Airways	17:30	A330	C	1.2	1.5
Japan Airlines	17:30	A330	C	1.2	2.7
American Airlines	17:30	A330	C	1.2	3.9

Pada tabel 4.26 rata-rata antrian pesawat di *holding area* sebesar 1 menit, dengan waktu tersebut pesawat melakukan sekali putaran di *holding area*. Untuk pesawat diatasnya yakni antrian ke dua, ke tiga dan ke empat dilakukan akumulasi perhitungan. Hasil perhitungan dari simulasi sedikit berbeda dengan perhitungan manual yang dijelaskan sub bab *delay* kondisi eksisting untuk *delay* di ruang udara. Hal ini dikarenakan untuk simulasi memakai waktu rata-rata, sedangkan perhitungan *delay* di ruang udara kondisi eksisting menarik kebutuhan waktu approach pesawat.

2. Delay Simulasi Random number

Delay simulasi menggunakan random number dapat diketahui dari hold pertama yakni *delay* saat kedatangan pesawat dan hold kedua yakni *delay* sebelum keberangkatan pesawat. Simulasi random number ini terbagi menjadi 2 yakni simulasi random number berdasarkan komposisi kondisi eksisting dan simulasi random number berdasarkan variasi komposisi. Masing-masing *delay* dijelaskan sebagai berikut.

➤ Delay Kedatangan Pesawat

Delay di ruang udara dapat dihitung dengan banyaknya pesawat yang berada pada *holding stack*. Masing-masing pesawat dapat dihitung waktu putaran untuk satu kali mengelilingi *holding area*. Berikut adalah salah satu hasil *running* simulasi random number untuk mengetahui berapa lama waktu pesawat di *holding stack*.

Tabel 4.27 Hasil *running* simulasi *random number* berdasarkan komposisi kondisi eksisting untuk *delay* kedatangan

Project: Unnamed Project

Analyst: Rockwell Automation

Run execution date : 1/20/2017

Model revision date: 1/20/2017

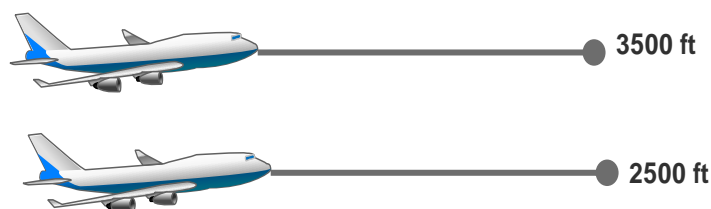
Replication ended at time : 3.0 Hours

Base Time Units: Hours

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
Entity 1.VATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	261
Entity 1.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	261
Entity 1.WaitTime	.03583	(Insuf)	.00000	.25365	261
Entity 1.TranTime	.02589	(Insuf)	.00000	.27722	261
Entity 1.OtherTime	.21482	(Insuf)	.00000	2.2844	261
Entity 1.TotalTime	.25208	(Insuf)	1.2597E-04	1.4302	261
Hold 3.Queue.WaitingTime	.02253	(Insuf)	.02000	.02505	2
Hold 32.Queue.WaitingTime	.01212	(Insuf)	.00417	.01985	13
Batch 2.Queue.WaitingTime	.00958	(Insuf)	.00000	.08360	51
Hold 4.Queue.WaitingTime	.02376	(Insuf)	6.0036E-04	.07913	108
Hold 26.Queue.WaitingTime	.03691	(Insuf)	.03691	.03691	1
Hold 5.Queue.WaitingTime	.02971	(Insuf)	.00108	.12264	54
Hold 27.Queue.WaitingTime	.01559	(Insuf)	1.2597E-04	.03972	28
Hold 22.Queue.WaitingTime	.00494	(Insuf)	5.3272E-05	.01836	45
Hold 30.Queue.WaitingTime	.00660	(Insuf)	5.5556E-04	.01194	17
Hold 6.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	173
HOLDING APRON.Queue.WaitingTime	.03415	(Insuf)	.00182	.08778	36
Hold 23.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 31.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 28.Queue.WaitingTime	.01445	(Insuf)	2.7778E-04	.03615	22
Batch 1.Queue.WaitingTime	.01800	(Insuf)	.00000	.12524	164
Hold 24.Queue.WaitingTime	.00961	(Insuf)	.00108	.01849	19
HOLDING AREA.Queue.WaitingTime	.01207	(Insuf)	5.2909E-04	.03384	55
Hold 29.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	53

Tabel 4.27 merupakan hasil *running* selama 3 jam untuk simulasi *random number*. Untuk *delay* di ruang uadara / *holding area* yakni terjadi *delay* dengan rata-rata 0,01207 jam artinya terjadi *delay* dengan rata-rata sekitar 0,7 menit. Untuk *delay* maksimum yang terjadi yakni 0,03384 jam atau 2 menit. Berikut adalah penggambaran posisi pesawat saat di holding.



Gambar 4.24 Posisi holding pesawat hasil simulasi *random number* berdasarkan komposisi kondisi eksisting

Pada gambar 4.24 memberikan gambaran yakni terjadi *delay* maksimum di *holding area* sebesar 2 menit. Terdapat 2 pesawat yang dipisahkan secara

vertical dikarenakan waktu dalam 1 kali putaran di *holding area* sebesar 1 menit.

Delay kedatangan pesawat yang dijelaskan diatas merupakan simulasi berdasarkan komposisi pesawat B 5%, pesawat C 66% dan pesawat D 29% (sesuai dengan kondisi eksisting). Dengan melakukan percobaan beberapa replikasi untuk variasi komposisi pesawat, prosentase pengisian *parking stand* dan variasi *batch* untuk kedatangan pesawat. Berikut adalah hasil *running* dengan *delay* terbesar untuk kedatangan pesawat.

Tabel 4.28 hasil *running* simulasi *random number* berdasarkan variasi komposisi untuk *delay* kedatangan

Summary for Replication 1 of 3

Project: Percobaan 2
pesawat B 5%, pesawat C 70%, pesawat D 25%
parkir terisi 50%
batch kedatangan (1,10) batch keberangkatan (1,2)
Analyst: Rockwell Automation

Run execution date : 1/26/2017
Model revision date: 1/26/2017

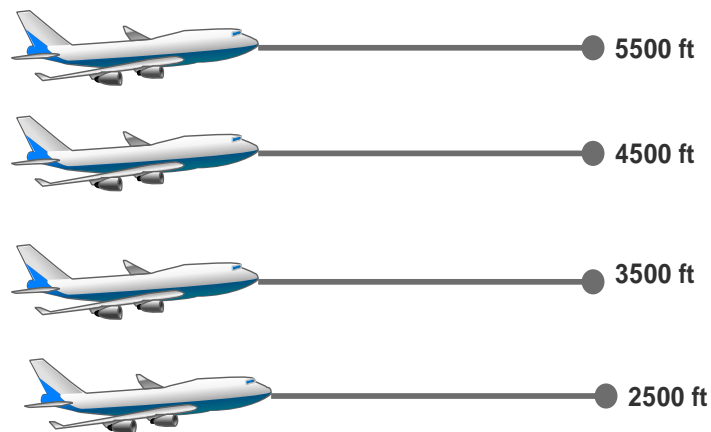
Replication ended at time : 1.0 Hours
Base Time Units: Hours

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
Entity 1.VATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	99
Entity 1.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	99
Entity 1.WaitTime	.07332	(Insuf)	6.0923E-04	.59497	99
Entity 1.TranTime	.02749	(Insuf)	.00000	.24528	99
Entity 1.OtherTime	.01344	(Insuf)	.00000	.09188	99
Entity 1.TotalTime	.11259	(Insuf)	6.0923E-04	.78726	99
Hold 3.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 32.Queue.WaitingTime	.05888	(Insuf)	.00943	.11562	9
Batch 2.Queue.WaitingTime	.00706	(Insuf)	.00000	.06444	21
Hold 4.Queue.WaitingTime	.02254	(Insuf)	8.2720E-04	.05486	40
Hold 26.Queue.WaitingTime	.02078	(Insuf)	.02078	.02078	1
Hold 5.Queue.WaitingTime	.01835	(Insuf)	.00217	.03961	17
Hold 34.Queue.WaitingTime	9.1315E-12	(Insuf)	9.1315E-12	9.1315E-12	1
Hold 27.Queue.WaitingTime	.01490	(Insuf)	6.0923E-04	.03694	13
Hold 22.Queue.WaitingTime	.00918	(Insuf)	7.7779E-04	.02298	21
Hold 30.Queue.WaitingTime	.08658	(Insuf)	.01893	.16333	27
Hold 6.Queue.WaitingTime	1.5477E-13	(Insuf)	.00000	9.1315E-12	59
HOLDING APRON.Queue.WaitingTime	.15493	(Insuf)	.01743	.32187	20
Hold 23.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 31.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 28.Queue.WaitingTime	.01401	(Insuf)	.00189	.04094	8
Batch 1.Queue.WaitingTime	.03996	(Insuf)	.00000	.14306	57
Hold 24.Queue.WaitingTime	.00863	(Insuf)	.00449	.01468	4
HOLDING AREA.Queue.WaitingTime	.02860	(Insuf)	.00371	.07009	25
Hold 29.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	22

Pada tabel 4.28 hasil *simulasi* random number dengan komposisi pesawat B sebesar 5%, pesawat C sebesar 70% dan pesawat D 25% dengan pengisian slot parkir pesawat sebesar 50% dan nilai *batch* untuk kedatangan secara random

(1,10). Nilai *batch* ini menunjukkan tingkat kedatangan pesawat yang bersamaan adalah random dari 1 sampai 10. Hasil *running* diketahui bahwa rata-rata *delay* yang terjadi di holding area adalah 0,02860 jam atau 1,7 menit. Sedangkan *delay* maksimum yang terjadi adalah 0,07009 jam atau 4,2 menit. Apabila dalam 1 kali putaran di holding area sebesar 1 menit maka terdapat 4 antrian pesawat di holding area. Berikut adalah penggambaran antrian pesawat di holding area.



Gambar 4.25 Posisi holding pesawat hasil simulasi *random number* berdasarkan variasi komposisi

Pada gambar 4.25 antrian pesawat digambarkan yakni terjadi *delay* maksimum di *holding area* sebesar 4,2 menit. Pesawat yang tidak dapat melakukan *landing* dan harus mengantri dipisahkan secara vertical dengan jarak 1000ft.

➤ **Delay Keberangkatan Pesawat**

Delay keberangkatan pesawat dalam simulasi dapat dilihat ketika pesawat antri sebelum melakukan *take off*. Pesawat belum dapat menggunakan *runway* karena kondisi *runway* belum *clear*. Untuk mengetahui *delay* yang terjadi di *holding apron* mengambil salah satu replikasi hasil *running* arena simulasi *random number* berdasarkan komposisi kondisi eksisting dan variasi komposisi.

Tabel 4.29 Hasil *running* simulasi *random number* berdasarkan komposisi kondisi eksisting untuk *delay* keberangkatan

Project: Unnamed Project

Analyst: Rockwell Automation

Run execution date : 1/20/2017

Model revision date: 1/20/2017

Replication ended at time : 3.0 Hours

Base Time Units: Hours

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
Entity 1.VATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	261
Entity 1.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	261
Entity 1.WaitTime	.03583	(Insuf)	.00000	.25365	261
Entity 1.TranTime	.02589	(Insuf)	.00000	.27722	261
Entity 1.OtherTime	.21482	(Insuf)	.00000	2.2844	261
Entity 1.TotalTime	.25208	(Insuf)	1.2597E-04	1.4302	261
Hold 3.Queue.WaitingTime	.02253	(Insuf)	.02000	.02505	2
Hold 32.Queue.WaitingTime	.01212	(Insuf)	.00417	.01985	13
Batch 2.Queue.WaitingTime	.00958	(Insuf)	.00000	.08360	51
Hold 4.Queue.WaitingTime	.02376	(Insuf)	6.0036E-04	.07913	108
Hold 26.Queue.WaitingTime	.03691	(Insuf)	.03691	.03691	1
Hold 5.Queue.WaitingTime	.02971	(Insuf)	.00108	.12264	54
Hold 27.Queue.WaitingTime	.01559	(Insuf)	1.2597E-04	.03972	28
Hold 22.Queue.WaitingTime	.00494	(Insuf)	5.3272E-05	.01836	45
Hold 30.Queue.WaitingTime	.00660	(Insuf)	5.5556E-04	.01194	17
Hold 6.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	173
HOLDING APRON.Queue.WaitingTime	.03415	(Insuf)	.00182	.08778	36
Hold 23.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 31.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 28.Queue.WaitingTime	.01445	(Insuf)	2.7778E-04	.03615	22
Batch 1.Queue.WaitingTime	.01800	(Insuf)	.00000	.12524	164
Hold 24.Queue.WaitingTime	.00961	(Insuf)	.00108	.01849	19
HOLDING AREA.Queue.WaitingTime	.01207	(Insuf)	5.2909E-04	.03384	55
Hold 29.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	53

Tabel 4.29 adalah hasil *simulasi* random number berdasarkan komposisi kondisi eksisting selama 3 jam yakni saat kondisi bandara awal kosong. Pada ruang udara atau *holding area* terjadi *delay* dengan rata-rata 0,03415 jam artinya terjadi *delay* dengan rata-rata sekitar 2 menit. sedangkan *delay* maksimum di *holding apron* yang terjadi adalah 0,08778 jam atau selama 5,2 menit. *Delay* pada *holding area* nilai waktunya lebih besar karena menggunakan aturan pengurutan operasi pesawat yakni untuk pesawat *landing* didahulukan dalam menggunakan runway.

Perhitungan nilai *delay* keberangkatan pesawat juga berlaku pada simulasi berdasarkan variasi komposisi pesawat, prosentase pengisian *parking stand* dan variasi *batch* untuk kedatangan pesawat. Berikut adalah hasil *running* dengan nilai *delay* terbesar untuk keberangkatan pesawat.

Tabel 4.30 Hasil *running* simulasi *random number* berdasarkan variasi komposisi untuk *delay* keberangkatan

Summary for Replication 1 of 3

Project: Percobaan 2
pesawat B 5%, pesawat C 70%, pesawat D 25%
parkir terisi 50%
batch kedatangan (1,10) batch keberangkatan (1,2)
Analyst: Rockwell Automation

Run execution date : 1/26/2017

Model revision date: 1/26/2017

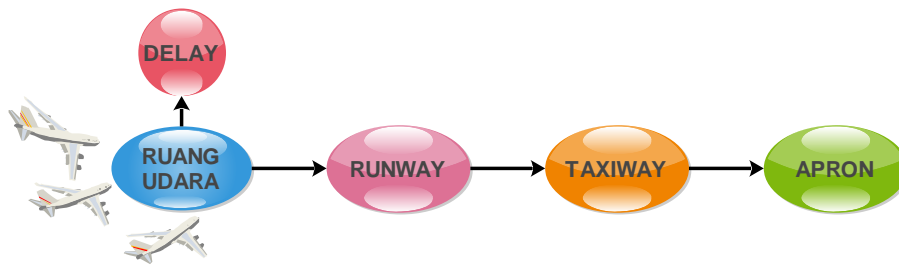
Replication ended at time : 1.0 Hours
Base Time Units: Hours

TALLY VARIABLES

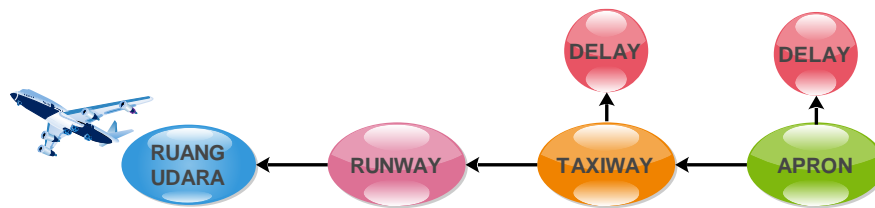
Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
Entity 1.VATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	99
Entity 1.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	99
Entity 1.WaitTime	.07332	(Insuf)	6.0923E-04	.59497	99
Entity 1.TranTime	.02749	(Insuf)	.00000	.24528	99
Entity 1.OtherTime	.01344	(Insuf)	.00000	.09188	99
Entity 1.TotalTime	.11259	(Insuf)	6.0923E-04	.78726	99
Hold 3.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 32.Queue.WaitingTime	.05888	(Insuf)	.00943	.11562	9
Batch 2.Queue.WaitingTime	.00706	(Insuf)	.00000	.06444	21
Hold 4.Queue.WaitingTime	.02254	(Insuf)	8.2720E-04	.05486	40
Hold 26.Queue.WaitingTime	.02078	(Insuf)	.02078	.02078	1
Hold 5.Queue.WaitingTime	.01835	(Insuf)	.00217	.03961	17
Hold 34.Queue.WaitingTime	9.1315E-12	(Insuf)	9.1315E-12	9.1315E-12	1
Hold 27.Queue.WaitingTime	.01490	(Insuf)	6.0923E-04	.03694	13
Hold 22.Queue.WaitingTime	.00918	(Insuf)	7.7779E-04	.02298	21
Hold 30.Queue.WaitingTime	.08658	(Insuf)	.01893	.16333	27
Hold 6.Queue.WaitingTime	1.5477E-13	(Insuf)	.00000	9.1315E-12	59
HOLDING APRON.Queue.WaitingTime	.15493	(Insuf)	.01743	.32187	20
Hold 23.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 31.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 28.Queue.WaitingTime	.01401	(Insuf)	.00189	.04094	8
Batch 1.Queue.WaitingTime	.03996	(Insuf)	.00000	.14306	57
Hold 24.Queue.WaitingTime	.00863	(Insuf)	.00449	.01468	4
HOLDING AREA.Queue.WaitingTime	.02860	(Insuf)	.00371	.07009	25
Hold 29.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	22

Pada tabel 4.30 merupakan hasil *simulasi* random number dengan komposisi pesawat B sebesar 5%, pesawat C sebesar 70% dan pesawat D sebesar 25% dengan pengisian slot parkir pesawat sebesar 50% dan nilai *batch* untuk keberangkatan secara random (1,2). Nilai *batch* ini menunjukkan tingkat keberangkatan pesawat dengan jam yang sama adalah random dari 1 sampai 2. *Delay* di holding apron dapat dilihat yakni rata-rata *delay* sebesar 9,2 menit. Sedangkan *delay* maksimum yang terjadi adalah 19,3 menit.

Dari semua perhitungan simulasi dan besarnya *delay* yang diketahui maka dapat disimpulkan yang tergambar pada gambar berikut.



Gambar 4.26 *delay* kedatangan pesawat



Gambar 4.27 *delay* keberangkatan pesawat

Pada gambar 4.26 digambarkan bahwa *delay* kedatangan pesawat yang terjadi di ruang udara akibat aktivitas runway dan tingginya tingkat kedatangan pesawat. *Delay* di ruang udara dipengaruhi oleh jadwal penerbangan dari bandara asal. Untuk *delay* kedatangan pesawat dipengaruhi dari proses *ground handling* dan *delay* pada *taxiway* dipengaruhi oleh aktivitas *runway* sehingga menyebabkan antrian di *holding apron*. Selain itu, semua *delay* pada masing-masing komponen juga dipengaruhi oleh komposisi campuran pesawat dan prosentase jumlah *parking stand* yang digunakan. Dengan adanya *delay* berpengaruh pada produktivitas maskapai dan memberikan dampak untuk konsumsi bahan bakar. Pengaruh *delay* terhadap konsumsi bahan bakar dijelaskan pada sub bab berikut.

4.4. Pengaruh *Delay* Terhadap Konsumsi Bahan Bakar

Delay yang terjadi pada ruang udara dapat dilakukan perhitungan untuk memperkirakan bahan bakar yang terbuang akibat adanya *delay*. Perhitungan dapat dilakukan untuk masing-masing jenis pesawat. Berikut adalah perhitungan konsumsi bahan bakar jenis pesawat Airbus dan Boeing yang beroperasi di Bandara Internasional Juanda.

4.4.1. Konsumsi Bahan Bakar Pesawat A320

A320 adalah pesawat penumpang komersial jarak dekat sampai menengah yang diproduksi oleh airbus. A320 merupakan pesawat penumpang pertama dengan sebuah sistem kendali fly-by-wire digital. Di Bandara Internasional Juanda maskapai yang menggunakan pesawat ini diantaranya Batik Air, Citilink, Garuda Indonesia, dan Air Asia.



Gambar 4.28 Pesawat A320

Perhitungan konsumsi bahan bakar akibat *delay* dapat dilakukan apabila diketahui terjadinya antrian pesawat saat di *holding area*. Perhitungan konsumsi bahan bakar mengacu pada buku “*Planning and Design of Airports*” (horenjeff dkk, 2010) untuk pesawat A320 konsumsi bahan bakar per jam adalah 4054 lb. Berikut adalah perhitungan konsumsi bahan bakar untuk masing-masing antrian pesawat.

Tabel 4.31 Konsumsi bahan bakar A320 di *holding area*

Jenis Pesawat	Engine	Fuel Consumption (lb/h)	Putaran (menit)	Konsumsi Bahan Bakar Saat Delay (lb)
A320	CFM56-5A3	4054	1	67.56667
A320	CFM56-5A4	4054	2	135.13333
A320	CFM56-5A5	4054	3	202.70000
A320	CFM56-5A6	4054	4	270.26667

Pada tabel 4.29 diketahui perhitungan konsumsi bahan bakar selama 1 putaran sampai 4 putaran di *holding area*. Mengacu pada teori yang telah dijelaskan pada bab 2, bahwa dalam 1 kali putaran di *holding area* dengan ketinggian dibawah 14000 ft membutuhkan waktu 1 menit. Berdasarkan hal

tersebut maka untuk pesawat A320 konsumsi bahan bakar di *holding area* adalah:

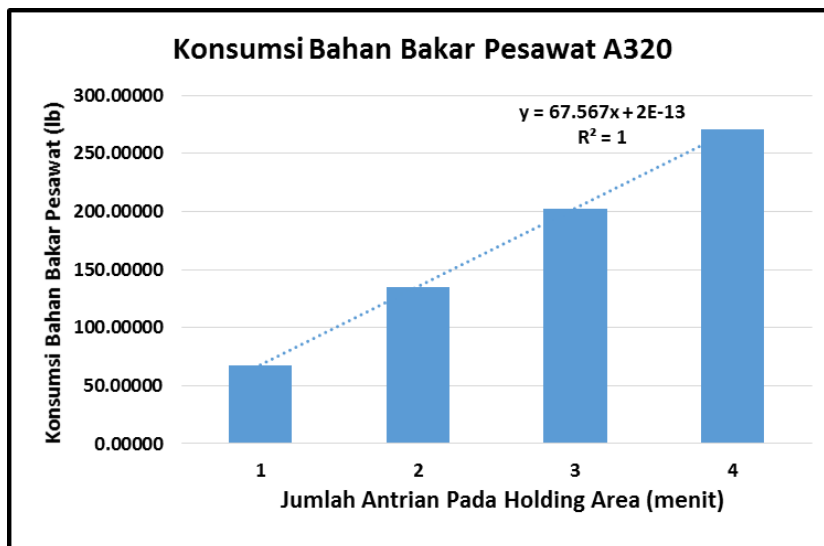
Fuel Consumption = 4054 lb/jam

Apabila terdapat 1 antrian pesawat = 1 menit x (4054/60)
= 67,56 lb

Apabila terdapat 2 antrian pesawat = 2 menit x (4054/60)
= 135,13 lb

Apabila terdapat 3 antrian pesawat = 3 menit x (4054/60)
= 202,70 lb

Apabila terdapat 4 antrian pesawat = 4 menit x (4054/60)
= 270,26 lb



Gambar 4.29 Persamaan Konsumsi Bahan Bakar Pesawat A320

Gambar 4.29 ditujukan untuk mengetahui permasalahan konsumsi bahan bakar pesawat A320, karena antrian pesawat di holding area yang telah dijelaskan bukan antrian yang maksimal. Berdasarkan perhitungan persamaan yang diperoleh adalah $y = 67,567x + 2E-13$. Persamaan tersebut dapat digunakan apabila terjadi antrian lebih dari 4 pesawat.

4.4.2. Konsumsi Bahan Bakar Pesawat B737-500

B737-500 merupakan salah satu jenis pesawat komersial berbadan sempit dengan mesin ganda (twin jet) yang diproduksi oleh Pabrik Boeing di

Seattle, Amerikas Serikat. Pesawat ini melayani rute dengan jarak pendek dan sedang. B737-500 diciptakan lebihh modern untuk menggantikan Boeing 737-200. Maskapai yang menggunakan jenis pesawat ini di Bandara Internasional Juanda adalah Sriwijaya Air dan Nam Air.



Gambar 4.30 Pesawat B737-500

Sama halnya dengan pesawat jenis Airbus, untuk Boeing juga dilakukan perhitungan konsumsi bahan bakar akibat *delay*. Perhitungan dilakukan dengan mengetahui banyaknya antrian pesawat saat di *holding area*. Berikut adalah perhitungan konsumsi bahan bakar untuk masing-masing antrian pesawat B737-500.

Tabel 4.32 Konsumsi bahan bakar B737-500 di *holding area*

Jenis Pesawat	Engine	Fuel Consumption (lb/h)	Putaran (menit)	Konsumsi Bahan Bakar Saat Delay (lb)
B-737-500	FM56-3B1R	7879	1	131.31667
B-737-500	FM56-3B1R	7879	2	262.63333
B-737-500	FM56-3B1R	7879	3	393.95000
B-737-500	FM56-3B1R	7879	4	525.26667

Perhitungan pada tabel 4.32 merupakan perhitungan konsumsi bahan bakar pesawat selama melakukan 1 putaran hingga 4 putaran di *holding area*. Apabila pesawat 737-500 membutuhkan waktu 1 menit dalam sekali putaran maka konsumsi bahan bakar di *holding area* adalah:

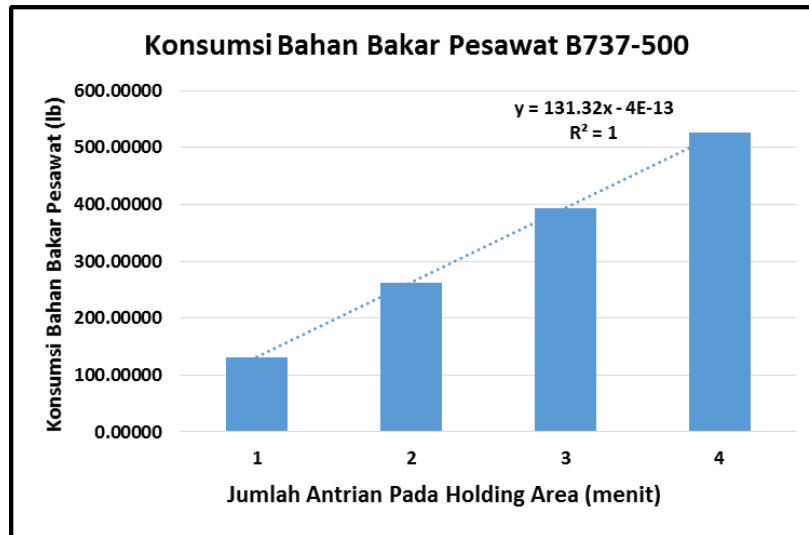
Fuel Consumption = 7879 lb/jam

Apabila terdapat 1 antrian pesawat = 1 menit x (7879/60)
= 131,31 lb

Apabila terdapat 2 antrian pesawat = 2 menit x (7879/60)
= 262,63 lb

Apabila terdapat 3 antrian pesawat = 3 menit x (7879/60)
= 393,95 lb

Apabila terdapat 4 antrian pesawat = 4 menit x (7879/60)
= 525,26 lb



Gambar 4.31 Persamaan Konsumsi Bahan Bakar Pesawat B737-500

Berdasarkan perhitungan diatas, hanya terdapat 4 antrian pesawat di *holding area*. Tentunya 4 antrian tersebut belum maksimal, karena besarnya *delay* yang terjadi bergantung pada banyaknya tingkat kedatangan pesawat secara bermasaan, maka dibuat persamaan pada gambar 4.31.

Delay yang terjadi dapat memberikan pengaruh produktivitas bagi maskapai. Apabila tidak terjadi *delay*, maka maskapai dapat melakukan penghematan biaya untuk konsumsi bahan bakar. Apabila terjadi *delay* maka maskapai mengeluarkan biaya lebih, hal tersebut terkait permasalahan *fuel*, *crew* yang bertugas serta biaya kompensasi kepada penumpang.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Penelitian ini mencoba melihat *delay* yang terjadi pada komponen *airside* suatu bandara. Bandara yang digunakan sebagai studi kasus adalah Bandara Internasional Juanda. Metode yang digunakan yakni dengan mensimulasikan pergerakan pesawat menggunakan bantuan software arena.

Hasil analisis dan pembahasan di dapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan perhitungan *runway* eksisting diperoleh sebanyak 44 pergerakan pesawat terjadwal pada saat *peak hour* hanya terdapat 33 pesawat yang dilayani selama 1 jam dengan rata-rata *delay* 29 menit.
2. Simulasi arena dilakukan dengan dua model yakni simulasi menggunakan data eksisting dan simulasi menggunakan *random number*. Simulasi berdasarkan data eksisting diperoleh sebanyak 29 pergerakan pesawat untuk kedatangan dan 15 pesawat untuk keberangkatan. Untuk *delay* yang terjadi dapat dilihat pada pesawat yang datang bersamaan. *Delay* tersebut adalah antrian pesawat di *holding area* yakni terdapat 4 pesawat dengan rata-rata 1 menit.

Simulasi berdasarkan *random number* terbagi menjadi 2 yakni berdasarkan komposisi kondisi eksisting dan variasi komposisi. Hasil running berdasarkan komposisi kondisi eksisting yakni pesawat B 5%, pesawat C 66% dan pesawat D 29%, nilai batch kedatangan (1,5) dan nilai batch keberangkatan (1,2) adalah sebagai berikut.

Hasil *running* menggunakan 3 replikasi selama 1 jam:

- Replikasi 1: terdapat 26 kedatangan pesawat dan tidak ada keberangkatan pesawat. Tidak adanya keberangkatan pesawat karena *trunaround time* selama 1 jam 4 menit, sedangkan *running* hanya selama 1 jam. Rata-rata *delay* pada *holding area* 0,6 menit.
- Replikasi 2: pesawat yang datang berjumlah 34 pesawat dan tidak ada pesawat yang berangkat. Rata-rata *delay* pada *holding area* 0,7 menit

- Replikasi 3: jumlah pesawat yang datang 33 pesawat dan tidak ada keberangkatan pesawat. Rata-rata *delay* pada *holding area* 0,6 menit.

Hasil *running* simulasi menggunakan 3 replikasi selama 2 jam:

- Replikasi 1: terdapat 64 kedatangan pesawat dan 17 keberangkatan pesawat. Rata-rata *delay* pada *holding area* 0,8 menit dan rata-rata *delay* di *holding apron* sebesar 1,8 menit.
- Replikasi 2: pesawat yang datang berjumlah 59 pesawat dan pesawat yang berangkat berjumlah 23. Rata-rata *delay* pada *holding area* 0,6 menit dan rata-rata *delay* yang terjadi di *holding apron* sebesar 1 menit.
- Replikasi 3: jumlah pesawat yang datang 71 pesawat dan 17 keberangkatan pesawat. Rata-rata *delay* pada *holding area* 0,7 menit dan rata-rata *delay* di *holding apron* 1 menit.

Hasil *running* simulasi *random number* menggunakan 3 replikasi selama 3 jam:

- Replikasi 1: terdapat 97 kedatangan pesawat dan 46 keberangkatan pesawat. Rata-rata *delay* pada *holding area* 0,7 menit dan rata-rata *delay* di *holding apron* sebesar 2 menit.
- Replikasi 2: pesawat yang datang berjumlah 87 pesawat dan pesawat yang berangkat berjumlah 43. Rata-rata *delay* pada *holding area* 0,6 menit dan rata-rata *delay* yang terjadi di *holding apron* sebesar 1,1 menit.
- Replikasi 3: jumlah pesawat yang datang 105 pesawat dan 43 keberangkatan pesawat. Rata-rata *delay* pada *holding area* 0,7 menit dan rata-rata *delay* di *holding apron* 1,6 menit.

Hasil simulasi *random number* berdasarkan variasi prosentase komposisi jenis pesawat, banyaknya kedatangan pesawat dan prosentase pesawat yang menggunakan *parking stand* diperoleh pemakaian runway maksimum adalah 50 pergerakan pesawat dengan 30 kedatangan pesawat dan 20 keberangkatan pesawat. Komposisi pergerakan pesawat tersebut adalah pesawat B sebesar 5%, pesawat C sebesar 70%, pesawat D sebesar 25% dan kondisi *parking stand* telah terisi 50%. Rata-rata *delay* pada *holding*

area sebesar 1,7 menit dengan nilai maksimum 4,2 menit. Rata-rata *delay* di *holding apron* sebesar 9 menit dengan nilai maksimum 19 menit.

3. *Delay* untuk masing-masing komponen sisi udara adalah sebagai berikut.
 - *Delay* pada ruang udara: Pada ruang udara *delay* dikarenakan aktivitas runway dan banyaknya kedatangan pesawat. *Delay* dipengaruhi oleh jadwal dari bandara asal. Berdasarkan data eksisting terdapat 4 pesawat yang mengantri karena tidak dapat melakukan *landing*, waktu antrian masing-masing pesawat sebesar 1 menit. Berdasarkan hasil simulasi antrian pesawat terbesar di ruang udara berjumlah 4 pesawat.
 - *Delay* pada runway: *delay* yang terjadi di runway dipengaruhi oleh pemakaian ROT. Jumlah runway Bandara Internasional Juanda hanya satu berpengaruh pada banyaknya antrian pesawat di ruang udara dan antrian pesawat yang akan *take off*. Hasil simulasi random number berdasarkan komposisi kondisi eksisting menunjukkan terdapat antrian pesawat sebelum *take off* sebesar 5,2 menit. Untuk simulasi berdasarkan variasi komposisi terdapat antrian pesawat sebelum *take off* maksimum 19 menit.
 - *Delay* pada apron: *delay* yang terjadi pada apron dikarenakan aktivitas ground handling. Hasil simulasi menunjukkan semakin besar prosentase pemakaian *parking stand*, maka nilai *delay* semakin besar.
4. Pengaruh *delay* terhadap bahan bakar dilakukan perhitungan berdasarkan jenis pesawat. Pada penelitian ini mengambil jenis pesawat yang beroperasi di Bandara Internasional Juanda yakni pesawat A320 dan B737-500
 - Untuk pesawat A320 apabila terjadi *delay* antara 1 antrian pesawat sampai 4 pesawat di *holding area*, penggunaan konsumsi bahan bakar bervariasi antara 67,56 lb sampai 270,26 lb. Persamaan konsumsi bahan bakar pesawat A320 yakni $y = 67,567x + 2E-13$.
 - Untuk pesawat B737-500 apabila terjadi *delay* antara 1 antrian pesawat sampai 4 pesawat di *holding area*, penggunaan konsumsi bahan bakar bervariasi antara 131,31 lb sampai 525,26 lb. Persamaan konsumsi bahan bakar pesawat B737-500 yakni $y = 131,32x + 4E-13$.

Perhitungan antrian 4 pesawat di *holding area* tersebut belum maksimal karena *delay* tergantung dari banyaknya kedatangan pesawat yang bersamaan di suatu bandara.

5.2. Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya berdasarkan dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini masih menggunakan input data jadwal eksisting yang diterjemahkan dalam *random number*. Dengan kata lain distribusi kedatangan adalah tetap. Sementara pada kondisi riil distribusi kedatangan adalah bervariasi tergantung pada jadwal penerbangan dari bandara asal dan dari Bandara Internasional Juanda itu sendiri.
2. Simulasi yang dilakukan dilakukan pada penelitian ini menggunakan satu runway. Dari hasil penggunaan satu runway ini dapat dilihat bahwa akibat dari jumlah pesawat dalam satu *batch* berpengaruh pada *delay* komponen sisi udara tertentu saja yakni *holding area* (untuk kedatangan pesawat) dan *holding apron* (untuk keberangkatan pesawat). Hal ini bisa terjadi perubahan apabila jumlah runway bertambah. Simulasi ini dapat dikembangkan untuk melihat *delay* pada setiap komponen sisi udara dan dapat dikembangkan dengan menambah jumlah runway.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashford, N.J. (2011), *Airport Engineering planning, design, and development of 21st century airports*, Fourth Edition, United State of America, John Wiley and Sons, Inc.
- Berau of transport Statistic, (2014), *Airline on-time and delay causes*.
- Brunner J.O. (2014). “Rescheduling of flights during ground *delay* programs with consideration of passenger and crew connections”, *Journal of Transportation Research Part E*, Vol. 72, hal. 236–252.
- Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, (2002), Keputusan Menteri Nomor: 47 Tahun 2002 Tentang Sertifikasi Operasi Bandar Udara.
- Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, (2011). Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor: No. 77 Tahun 2011 Tentang Tanggung Jawab Pengangkut Angkutan Udara.
- Evans A., & Schäfer A.W. (2014), “ Simulating airline operational responses to airport *capacity* constraints”, *Journal of Transport Policy*, Vol. 34, hal. 5–1.
- Gelhausen, M.C., Berster, P., Wilken, D., (2013), “Do airport *capacity* constraints have a serious impact on the future development of air traffic?”, *Journal of Transport Management*, Vol. 28, hal. 3-13.
- Federal aviation administration* (FAA). (2007). *Airport capacity and delay*.
- Ferguson J., et al. (2011), “Estimation Domestic US Airline Cost Of *Delay* Based On European Model”, *Journal of Transportation Research Part C*, Vol. 33, hal. 311–323
- Hasan, Ir., M., Iqbal. (2002). Pokok-Pokok Materi Pengambilan Keputusan, Jakarta, Ghalia Indonesia.
- Hermansyah, M. S. (2014), “Model Simulasi Untuk Analisis Kapasitas Bandar Udara Husein Sastranegara”. *Jurnal Tugas Akhir, Jurusan Teknik Industri, Institut Teknologi Nasional*.

- Horonjeff, R., and McKelvey F. (1994), *Perencanaan dan Perancangan Bandar Udara* (Terjemahan), Edisi Ketiga, Jilid 1, Jakarta, Penerbit Erlangga.
- Horonjeff, R., and. McKelvey F. (2010). *Planning & Design of Airports*, Fourth Edition, United States of America, McGraw-Hill, Inc
- Jungai T., & Hongjun X. (2012) “Optimizing Arrival Flight *Delay* Scheduling Based on Simulated Annealing Algorithm”, *Journal of 2012 International Conference on Medical Physics and Biomedical Engineering*, Vol. 33, hal. 348 – 353.
- Kim, A. M. (2016), “The impacts of changing flight demands and throughput”. *Transportation Research Part A*, Vol. 86, hal. 19–34.
- Larasati, A. (2014), “Model Simulasi Diskrit Untuk Mengukur Efek Keterlambatan Jadwal Penerbangan Terhadap Antrian Pra Tinggal Landas Dan Pasca Pendaratan”. *Tugas Akhir, Jurusan Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.
- Medianto, R. (2013), “Simulasi Prosedur Kedatangan Pada Terminal Airspace”. *Jurnal Tugas Akhir, Jurusan Teknik Penerbangan, Sekolah Teknologi Tinggi Adisutjipto*.
- Morlok , Edward K., (1978), *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi* , Penerbit Erlangga.
- Noviani, S. (2011), “Perencanaan Penambahan Runway Di Bandara Untuk 10 Tahun Mendatang Ke Depan Dengan Metode Support Vektor Regression”, Skripsi Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- Pyrgiotis, N., Malone, K., & Odoni, A. (2013). Modelling *delay* propagation within an *airport* network. *Transportation Research Part C*. Vol. 27, hal. 60–75.
- Rahayu, H. (2016), “Evaluasi Kinerja Gate *Assignment* Pada Terminal 1 Keberangkatan Domestik Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya”. *Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.

- Rekso, S. (2014), Simulasi Penentuan Jumlah Dan Komposisi Pesawat Maksimum Pada Dua Parallel *Runway*. *Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.
- Ryerson M.S., et al. (2014). Time to burn: Flight *delay*, terminal efficiency, and fuel consumption in the National Airspace System. *Journal of Transportation Research Part C*. Vol. 69, hal. 286–298.
- Siagian, P. (1987). Penelitian Operasional: Teori dan Praktek. Penerbit Universitas Indonesia (UIPress). Jakarta.
- Simanjuntak, H. S. (2016), “Evaluasi Desain Geometri Fasilitas Sisi Udara Dengan Memperhatikan Arah Pergerakan Kedua Sisi Runway Di Bandara Internasional Juanda, Surabaya”. *Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.
- Tamin, O.Z. (2003). Perencanaan dan Pemodelan Transportasi, Edisi Kesatu, Penerbit ITB, Bandung
- Trani, A.A. (2001). Airside Capacity, Slide Presentation, Virginia Tech. Universities.
- <http://aeroengineering.co.id/>
- <http://www.angkasapura1.co.id/>
- <http://www.flightstats.com/>
- <http://herulegowo.com/home/index.php/articles/airports/113-runway-capacity>
- <http://www.ilmuterbang.com/>
- <http://www.juanda-airport.com/>
- <http://www.rita.dot.gov/bts/help/aviation/html/understanding.html>
- http://www.transtats.bts.gov/ot_delay/ot_delaycause1.asp

BIODATA PENULIS



Nama lengkap penulis Laila Fatchiyah lahir di Surabaya pada tanggal 17 Desember 1991. Penulis telah menempuh pendidikan di TK Muslimat NU, Madrasah Ibtidaiyah NU, SMPN 1 Waru dan SMA Khadijah Surabaya. Setelah lulus SMA, pada tahun 2010 penulis mengikuti tes seleksi masuk perguruan tinggi negeri memilih Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh

Nopember. Penulis mendapat beasiswa dari Kementerian Agama Republik Indonesia untuk menempuh studi program sarjana selama 4 tahun. Setelah lulus program sarjana penulis mengikuti pengabdian di SMA Khadijah sekitar 1 tahun. Penulis melanjutkan pendidikan pascasarjana pada bidang keahlian Manajemen dan Rekayasa Transportasi, Teknik Sipil, ITS. Selama menempuh program pascasarjana, penulis mengambil penelitian mengenai manajemen bandara. Penulis bisa dihubungi melalui email di laila.fatchiyah10@gmail.com.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN A
JADWAL PENERBANGAN

(SUB) Juanda International Airport Arrivals

SUB Arrivals: Tue Nov-1-2016 from 3:00PM - 6:00PM

Airport

Date

Show Codeshares
☒ Yes ☐ No

Origin Airport (Optional)




Airline (Optional)














Submit

[Previous](#)

[Next](#)

Sort By

(PNK) Pontianak	(JT*) Lion Air	839	4:00 PM	Unknown	>
(DPS) Denpasar	(CTV) Citilink	647	4:05 PM	Landed	>
(KOE) Kupang	(JT*) Lion Air	693	4:10 PM	Landed	On-time >
(BPN) Balikpapan	(JT*) Lion Air	269	4:10 PM	Unknown	>
(JOG) Yogyakarta	(IW) Wings Air (Indonesia)	1846	4:10 PM	Unknown	>
(BPN) Balikpapan	(CTV) Citilink	637	4:25 PM	Unknown	>
(CGK) Jakarta	(ID*) Batik Air	6578	4:40 PM	Unknown	>
(CGK) Jakarta	 Garuda Indonesia	318	4:45 PM	Landed	On-time >
(CGK) Jakarta	 KLM	4052	4:45 PM	Landed	On-time >
(BDO) Bandung	 Garuda Indonesia	372	4:55 PM	Landed	On-time >
(BTH) Batam	(CTV) Citilink	922	4:55 PM	Landed	>
(BTH) Batam	(JT*) Lion Air	972	5:05 PM	Unknown	>
(BDJ) Banjarmasin	(JT*) Lion Air	317	5:10 PM	Unknown	>
(DPS) Denpasar	(IN*) Nam Air	9277	5:10 PM	Unknown	>
(BPN) Balikpapan	(JT*) Lion Air	265	5:10 PM	Unknown	>
(HLP) Jakarta	(ID*) Batik Air	7517	5:15 PM	Landed	>
(JOG) Yogyakarta	(IW) Wings Air (Indonesia)	1812	5:15 PM	Unknown	>
(PKU) Pekanbaru	(CTV) Citilink	787	5:15 PM	Unknown	>
(HLP) Jakarta	(CTV) Citilink	181	5:20 PM	Unknown	>
(BDO) Bandung	(JT*) Lion Air	950	5:25 PM	Unknown	>

(CGK) Jakarta		448	5:25 PM	Landed	On-time	>
(CGK) Jakarta		4064	5:25 PM	Landed	On-time	>
(LOP) Praya	(JT*) Lion Air	965	5:30 PM	Unknown		>
(CGK) Jakarta	(CTV) Citilink	813	5:30 PM	Landed	Delayed	>
(HKG) Hong Kong		781	5:40 PM	Landed	On-time	>
(HKG) Hong Kong		4571	5:40 PM	Landed	On-time	>
(HKG) Hong Kong		7921	5:40 PM	Landed	On-time	>
(HKG) Hong Kong		8920	5:40 PM	Landed	On-time	>
(CGK) Jakarta		320	5:45 PM	Landed	Delayed	>
(CGK) Jakarta		9774	5:45 PM	Landed	Delayed	>
(JOG) Yogyakarta		7309	5:45 PM	Landed	Delayed	>
(SIN) Singapore		226	5:50 PM	Landed	On-time	>
(SIN) Singapore		9448	5:50 PM	Landed	On-time	>
(SIN) Singapore		5795	5:50 PM	Landed	On-time	>
(SIN) Singapore		5226	5:50 PM	Landed	On-time	>
(UPG) Ujung Pandang	(SJ) Sriwijaya Air	567	5:55 PM	Unknown		>
(UPG) Ujung Pandang	(JT*) Lion Air	855	6:00 PM	Unknown		>
(KUL) Kuala Lumpur	(XT*) Indonesia AirAsia X	323	6:00 PM	Landed	Delayed	>
(UPG) Ujung Pandang	(JT*) Lion Air	787	6:05 PM	Unknown		>


(UPG) Ujung Pandang	(JT*) Lion Air	1777	6:05 PM	Unknown	>
Previous	3:00PM - 6:00PM ▾	Next	Sort By Scheduled Arrival ▾		
<div>DEVELOPERS</div> <div>We have quality, flexible APIs that make it easy to plug our unmatched breadth of data sources into your applications</div> <div>Learn More</div>					





(SUB) Juanda International Airport Arrivals

SUB Arrivals: Tue Nov-1-2016 from 6:00PM - 9:00PM




Airport	Date	Show Codeshares
<input type="text" value="(SUB) Juanda International Airport"/>	<input type="text" value="2016-11-01"/>	<input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No
Origin Airport (Optional)	Airline (Optional)	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Submit		

Previous	<input type="text" value="6:00PM - 9:00PM"/>	Next	Sort By <input type="text" value="Scheduled Arrival"/>
--------------------------	--	----------------------	--

Origin	Airline	Flight	Arrival	Status	
(UPG) Ujung Pandang	(SJ) Sriwijaya Air	567	5:55 PM	Unknown	>
(UPG) Ujung Pandang	(JT*) Lion Air	855	6:00 PM	Unknown	>
(KUL) Kuala Lumpur	(XT*) Indonesia AirAsia X	323	6:00 PM	Landed	Delayed >
(UPG) Ujung Pandang	(JT*) Lion Air	787	6:05 PM	Unknown	>
(UPG) Ujung Pandang	(JT*) Lion Air	1777	6:05 PM	Unknown	>
(LOP) Praya	(CTV) Citilink	661	6:10 PM	Unknown	>
(SRG) Semarang		367	6:15 PM	Landed	On-time >
(BDJ) Banjarmasin	(JT*) Lion Air	221	6:15 PM	Unknown	>
(CGK) Jakarta	(JT*) Lion Air	696	6:20 PM	Landed	Delayed >
(BEJ) Berau	(SJ) Sriwijaya Air	229	6:25 PM	Unknown	>

(HLP) Jakarta	(CTV) Citilink	183	6:30 PM	Unknown	>
(CGK) Jakarta	(CTV) Citilink	901	6:30 PM	Unknown	>
(LOP) Praya	(JT*) Lion Air	975	6:45 PM	Landed	>
(CGK) Jakarta	 Garuda Indonesia	322	6:45 PM	Landed	Delayed >
(AMQ) Ambon	(ID*) Batik Air	6175	6:50 PM	Landed	On-time >
(BPN) Balikpapan	(CTV) Citilink	635	6:55 PM	Unknown	>
(HLP) Jakarta	(CTV) Citilink	185	7:00 PM	Landed	Delayed >
(BDJ) Banjarmasin	(JT*) Lion Air	319	7:00 PM	Unknown	>
(SOC) Surakarta	(JT*) Lion Air	188	7:00 PM	Unknown	>
(UPG) Ujung Pandang	 Garuda Indonesia	630	7:00 PM	Landed	On-time >
(DPS) Denpasar	(CTV) Citilink	651	7:00 PM	Landed	On-time >
(CGK) Jakarta	(ID*) Batik Air	6586	7:05 PM	Landed	On-time >
(BTH) Batam	(JT*) Lion Air	948	7:10 PM	Unknown	>
(MDC) Manado	(JT*) Lion Air	737	7:10 PM	Unknown	>
(DPS) Denpasar	 Garuda Indonesia	349	7:20 PM	Landed	On-time >
(JOG) Yogyakarta	(IW) Wings Air (Indonesia)	1817	7:20 PM	Unknown	>
(DPS) Denpasar	(JT*) Lion Air	919	7:25 PM	Unknown	>
(CGK) Jakarta	(CTV) Citilink	817	7:40 PM	Landed	On-time >
(CGK) Jakarta	 Garuda Indonesia	324	7:45 PM	Landed	On-time >

(CGK) Jakarta		5509	7:45 PM	Landed	On-time	>
(CGK) Jakarta		8181	7:45 PM	Landed	On-time	>
(CGK) Jakarta	(JT*) Lion Air	592	7:50 PM	Unknown		>
(CGK) Jakarta	(SJ) Sriwijaya Air	256	7:50 PM	Unknown		>
(HLP) Jakarta	(CTV) Citilink	809	8:00 PM	Landed	Delayed	>
(PEN) Penang		387	8:00 PM	Landed	Delayed	>
(HLP) Jakarta	(ID*) Batik Air	7519	8:05 PM	Unknown		>
(CGK) Jakarta	(ID*) Batik Air	6308	8:20 PM	Unknown		>
(KUL) Kuala Lumpur		362	8:20 PM	Landed	On-time	>
(SRG) Semarang	(IW) Wings Air (Indonesia)	1896	8:25 PM	Unknown		>
(UPG) Ujung Pandang	(CTV) Citilink	613	8:40 PM	Unknown		>
(BDJ) Banjarmasin	(JT*) Lion Air	225	8:45 PM	Unknown		>
(PLM) Palembang	(CTV) Citilink	789	8:45 PM	Landed		>
(CGK) Jakarta	(CTV) Citilink	819	8:55 PM	Unknown		>
(SIN) Singapore		855	8:55 PM	Landed	On-time	>
(SIN) Singapore		3931	8:55 PM	Landed	On-time	>
(SIN) Singapore		4057	8:55 PM	Landed	On-time	>
(SIN) Singapore		5914	8:55 PM	Landed	On-time	>
(KUL) Kuala Lumpur	(XT*) Indonesia AirAsia X	8298	8:55 PM	Landed	Delayed	>

(JOG) Yogyakarta	(SJ) Sriwijaya Air	234	9:00 PM	Unknown	>
(BDO) Bandung	(IN*) Nam Air	9377	9:05 PM	Unknown	>
(CGK) Jakarta	 Garuda Indonesia	326	9:05 PM	Landed	On-time >
(CGK) Jakarta	 ETIHAD AIRWAYS	8186	9:05 PM	Landed	On-time >
(CGK) Jakarta	 Bangkok Airways	4350	9:05 PM	Landed	On-time >

[Previous](#)

6:00PM - 9:00PM ▾

[Next](#)Sort By [Scheduled Arrival ▾](#)

DEVELOPERS

We have quality, flexible APIs that make it easy to plug
our unmatched breadth of data sources into your
applications

[Learn More](#)

[Tools](#)
[Products](#)
[Markets](#)
[Company](#)
[Resources](#)
[My FlightStats](#)

(SUB) Juanda International Airport Departures

SUB Departures: Tue Nov-1-2016 from 3:00PM - 6:00PM

Airport

Date

Show Codeshares
☒ Yes ☐ No

Destination Airport (Optional)

Airline (Optional)

Previous







3:00PM - 6:00PM




Next

Sort By Scheduled Departure

Destination	Airline	Flight	Departure	Status	
(UPG) Ujung Pandang	Garuda Indonesia	671	2:55 PM	Landed	On-time >
(JOG) Yogyakarta	Garuda Indonesia	7308	2:55 PM	Landed	On-time >
(LOP) Praya	(JT*) Lion Air	864	3:00 PM	Unknown	>
(CGK) Jakarta	Garuda Indonesia	319	3:00 PM	Landed	Delayed >
(HLP) Jakarta	(ID*) Batik Air	7502	3:05 PM	Landed	Delayed >
(BPN) Balikpapan	(CTV) Citilink	634	3:05 PM	Unknown	>
(KUL) Kuala Lumpur	(XT*) Indonesia AirAsia X	326	3:10 PM	Landed	Delayed >
(BPN) Balikpapan	(SJ) Sriwijaya Air	232	3:10 PM	Unknown	>
(TRK) Tarakan	(JT*) Lion Air	268	3:15 PM	Unknown	>
(BDJ) Banjarmasin	(JT*) Lion Air	220	3:15 PM	Landed	On-time >



(CGK) Jakarta	(ID*) Batik Air	6417	3:15 PM	Landed	On-time	>
(SMQ) Sampit	(KLS) Kal Star Aviation	711	3:20 PM	Unknown		>
(JOG) Yogyakarta	(SJ) Sriwijaya Air	235	3:20 PM	Landed	Delayed	>
(LOP) Praya	(CTV) Citilink	660	3:25 PM	Unknown		>
(DPS) Denpasar		338	3:35 PM	Landed	On-time	>
(SRG) Semarang		365	3:40 PM	Unknown		>
(CGK) Jakarta	(JT*) Lion Air	581	3:40 PM	Unknown		>
(KNO) Kuala Namu	(JT*) Lion Air	983	3:45 PM	Landed		>
(CGK) Jakarta		321	3:50 PM	Landed	On-time	>
(CGK) Jakarta		5542	3:50 PM	Landed	On-time	>
(CGK) Jakarta		4065	3:50 PM	Landed	On-time	>
(CGK) Jakarta	(SJ) Sriwijaya Air	259	4:00 PM	Unknown		>
(BDJ) Banjarmasin	(JT*) Lion Air	318	4:00 PM	Unknown		>
(HLP) Jakarta	(ID*) Batik Air	7514	4:20 PM	Unknown		>
(UPG) Ujung Pandang	(JT*) Lion Air	704	4:30 PM	Unknown		>
(CGK) Jakarta	(JT*) Lion Air	599	4:30 PM	Unknown		>
(CGK) Jakarta	(SJ) Sriwijaya Air	255	4:30 PM	Unknown		>
(JOG) Yogyakarta	(IW) Wings Air (Indonesia)	1816	4:35 PM	Unknown		>
(DPS) Denpasar		344	4:35 PM	Landed		>
(PNK) Pontianak	(JT*) Lion Air	838	4:45 PM	Unknown		>

(CGK) Jakarta	(JT*) Lion Air	693	4:50 PM	Landed	>
(BPN) Balikpapan	(CTV) Citilink	636	4:55 PM	Unknown	>
(UPG) Ujung Pandang	(CTV) Citilink	612	5:00 PM	Unknown	>
(CGK) Jakarta	(CTV) Citilink	814	5:25 PM	Landed	>
(LOP) Praya	(JT*) Lion Air	642	5:30 PM	Landed	Delayed >
(CGK) Jakarta	(ID*) Batik Air	6579	5:30 PM	Unknown	>
(PNK) Pontianak	(CTV) Citilink	877	5:45 PM	Unknown	>
(BDO) Bandung		373	5:45 PM	Unknown	>
(BPN) Balikpapan	(JT*) Lion Air	368	5:45 PM	Unknown	>
(BPN) Balikpapan	(JT*) Lion Air	858	5:45 PM	Unknown	>
(UPG) Ujung Pandang	(JT*) Lion Air	780	5:50 PM	Unknown	>
(BDJ) Banjarmasin	(JT*) Lion Air	224	5:50 PM	Landed	>
(BDO) Bandung	(IN*) Nam Air	9376	5:55 PM	Unknown	>
(CGK) Jakarta		323	6:00 PM	Landed	On-time >
(CGK) Jakarta		8201	6:00 PM	Landed	On-time >
(DPS) Denpasar	(CTV) Citilink	646	6:00 PM	Unknown	>
(BPN) Balikpapan	(JT*) Lion Air	730	6:05 PM	Unknown	>

[Previous](#)


[Next](#)

 Sort By

DEVELOPERS

We have quality, flexible APIs that make it easy to plug
our unmatched breadth of data sources into your
applications

[Learn More](#)



ANA Jakarta-Japan Flights

Direct Flights to Japan
Everyday. Fly with Japan's
only 5Star Airline.



ANA Jakarta-Japan Flights

Direct Flights to Japan
Everyday. Fly with Japan's
only 5Star Airline.

[Privacy Policy](#)
[Terms of Use](#)
© FlightStats, Inc. 2016



522 SW 5th Ave.
Portland, OR 97204

Part of 

[Tools](#) [Products](#) [Markets](#) [Company](#) [Resources](#)
[My FlightStats](#)

**LIBURAN
TENGAH TAHUN**


Bali • Singapura • Hong Kong
mulai RP 259.000 **BELI SEKARANG**
Jadwal Terbang : 1 Mei '17 - 6 Feb '18 | S & K Berlaku



(SUB) Juanda International Airport Departures

SUB Departures: Tue Nov-1-2016 from 6:00PM - 9:00PM

Airport


Date

Show Codeshares
☒ Yes ☐ No

Destination Airport (Optional)

Airline (Optional)

Submit











**DISKON
HINGGA
50%
SEMUA HOTEL**
BOOK NOW

[Previous](#)

[Next](#)

Sort By

(SIN) Singapore		5225	6:40 PM	Landed	>
(CGK) Jakarta		325	6:40 PM	Landed	Delayed >
(CGK) Jakarta	(SJ) Sriwijaya Air	267	6:40 PM	Unknown	>
(HLP) Jakarta	(ID*) Batik Air	7516	6:45 PM	Landed	>
(PKY) Palangkaraya	(JT*) Lion Air	682	6:45 PM	Unknown	>
(CGK) Jakarta	(JT*) Lion Air	585	6:45 PM	Landed	>
(KOE) Kupang	(JT*) Lion Air	696	7:00 PM	Unknown	>
(CGK) Jakarta	(CTV) Citilink	818	7:00 PM	Unknown	>
(UPG) Ujung Pandang		367	7:10 PM	Landed	On-time >
(BDJ) Banjarmasin	(JT*) Lion Air	314	7:15 PM	Unknown	>
(JOG) Yogyakarta	(IW) Wings Air (Indonesia)	1813	7:30 PM	Unknown	>
(CGK) Jakarta		327	7:30 PM	Landed	Delayed >
(CGK) Jakarta		8164	7:30 PM	Landed	Delayed >
(CGK) Jakarta		4042	7:30 PM	Landed	Delayed >
(HLP) Jakarta	(CTV) Citilink	184	7:35 PM	Landed	On-time >
(SRG) Semarang	(IW) Wings Air (Indonesia)	1801	7:40 PM	Unknown	>
(SOC) Surakarta	(JT*) Lion Air	189	7:45 PM	Unknown	>
(DPS) Denpasar	(JT*) Lion Air	737	7:45 PM	Unknown	>
(DPS) Denpasar	(JT*) Lion Air	990	7:45 PM	Landed	Delayed >

(CGK) Jakarta	(ID*) Batik Air	6175	7:50 PM	Unknown	>
(CGK) Jakarta	(ID*) Batik Air	6587	7:50 PM	Landed	>
(LOP) Praya	(JT*) Lion Air	824	8:00 PM	Unknown	>
(CGK) Jakarta	(CTV) Citilink	902	8:00 PM	Landed	On-time >
(CGK) Jakarta	(CTV) Citilink	900	8:30 PM	Unknown	>
(CGK) Jakarta	 Garuda Indonesia	329	8:30 PM	Landed	On-time >
(KUL) Kuala Lumpur		363	8:50 PM	Landed	On-time >
(HLP) Jakarta	(ID*) Batik Air	7518	8:55 PM	Landed	>
(CGK) Jakarta	(CTV) Citilink	806	9:00 PM	Landed	>

Previous 6:00PM - 9:00PM ▼ Next

Sort By Scheduled Departure ▼

DEVELOPERS

We have quality, flexible APIs that make it easy to plug our unmatched breadth of data sources into your applications

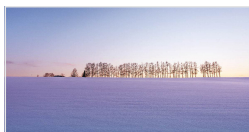
[Learn More](#)



ANA Jakarta-Japan Flights



Direct Flights to Japan
Everyday. Fly with Japan's
only 5Star Airline.



ANA Jakarta-Japan Flights

Direct Flights to Japan
Everyday. Fly with Japan's
only 5Star Airline.

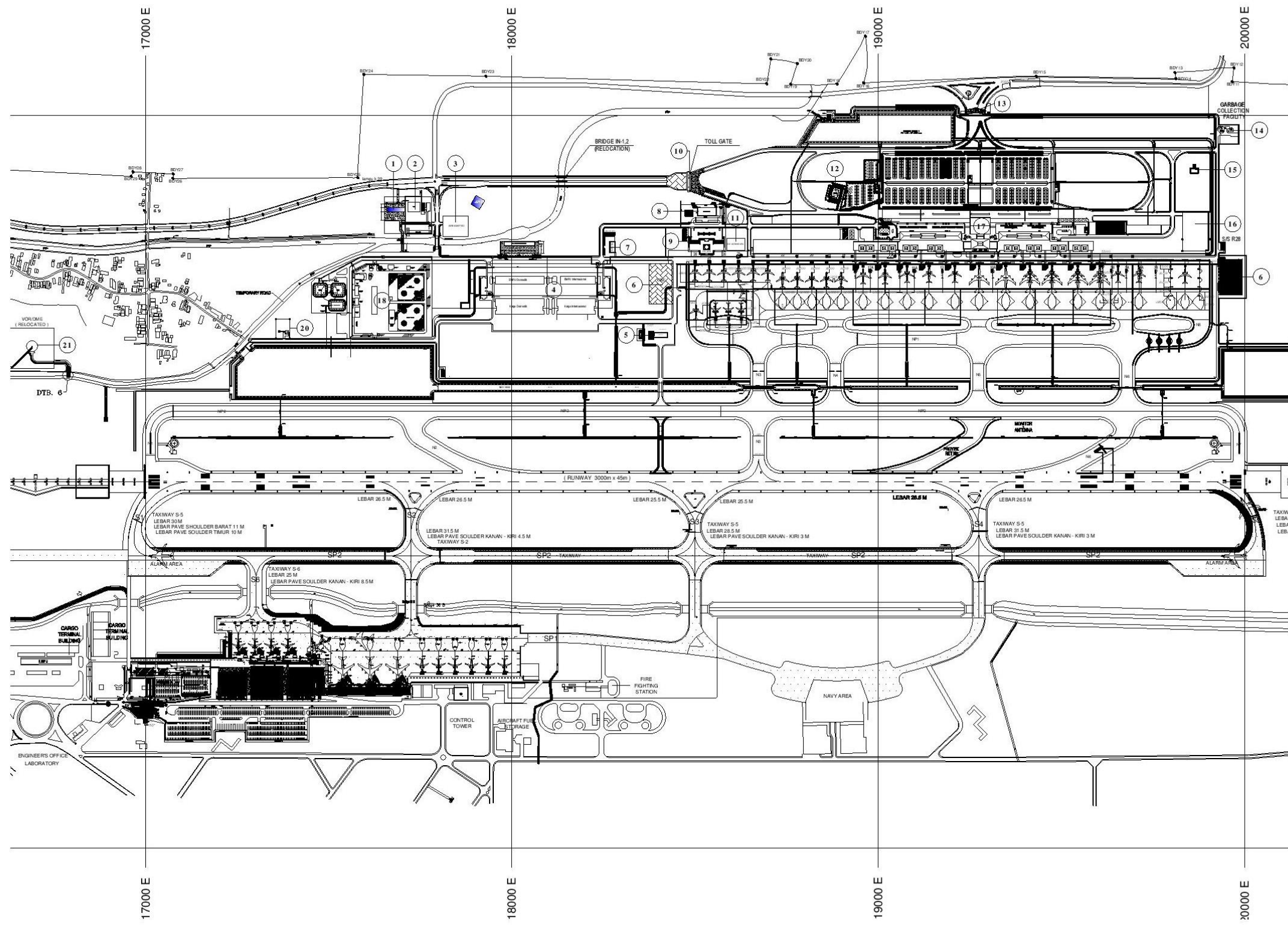


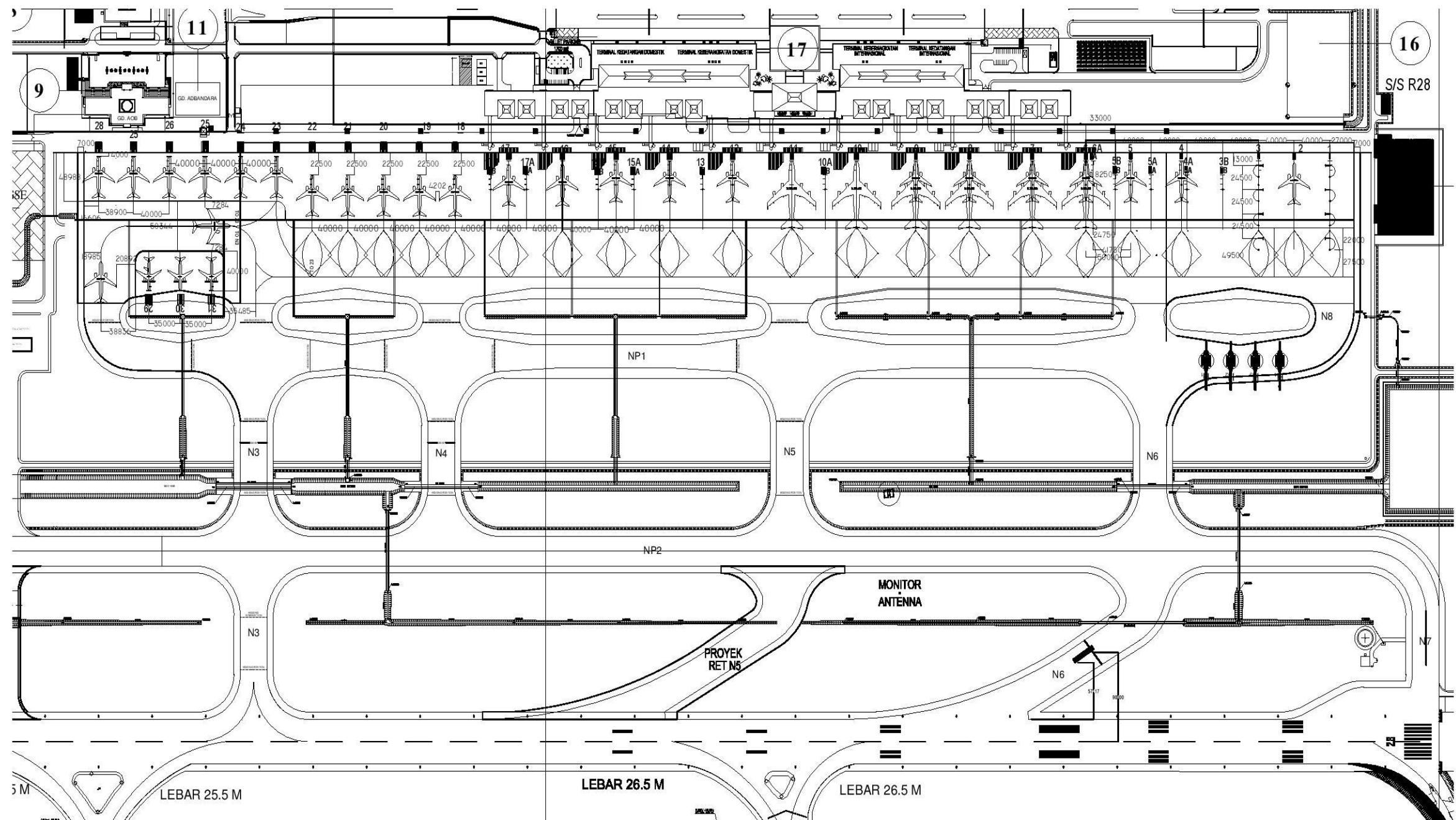
Privacy Policy
Terms of Use
© FlightStats, Inc. 2016

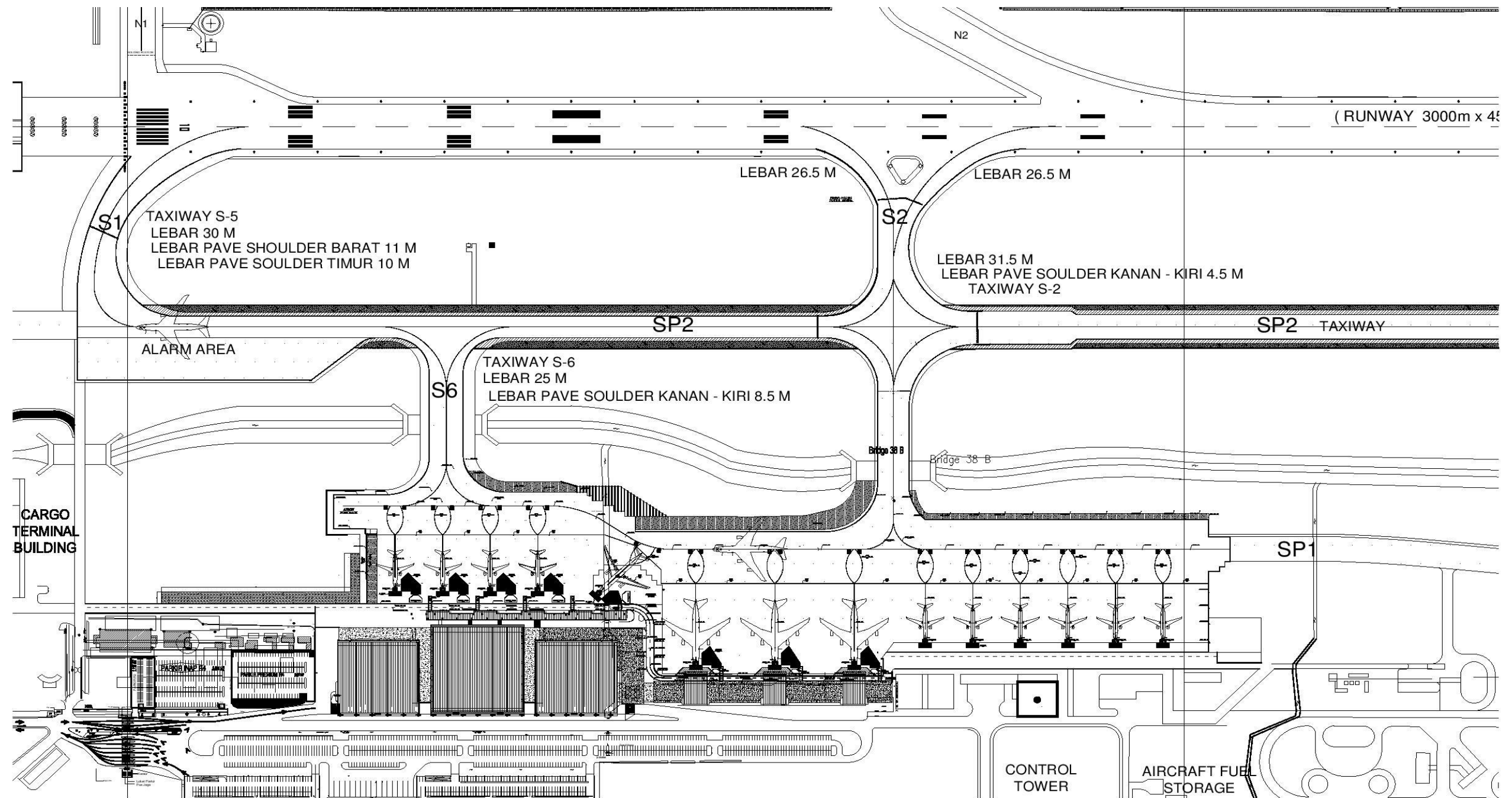
FLIGHTSTATS
Part of FlightGlobal

522 SW 5th Ave.
Portland, OR 97204

LAMPIRAN B
HASIL RUNNING SIMULASI EKSISTING







LAMPIRAN C
HASIL RUNNING SIMULASI EKSISTING

ARENA Simulation Results
IDEAPAD

Summary for Replication 1 of 1

Project: Unnamed Project
Analyst: Rockwell Automation

Run execution date : 1/15/2017
Model revision date: 1/15/2017

Replication ended at time : 4.0 Hours
Base Time Units: Hours

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
Entity 1.VATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	76
Entity 1.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	76
Entity 1.WaitTime	.48489	(Insuf)	.00361	5.9497	76
Entity 1.TranTime	.03621	(Insuf)	.00000	.48444	76
Entity 1.OtherTime	.18531	(Insuf)	.00000	4.7466	76
Entity 1.TotalTime	.41131	(Insuf)	.00361	2.5800	76
Hold 60.Queue.WaitingTime	.49167	(Insuf)	.49167	.49167	1
Hold 151.Queue.WaitingTime	1.1738	(Insuf)	1.1738	1.1738	1
Hold 177.Queue.WaitingTime	.83583	(Insuf)	.83583	.83583	1
Hold 3.Queue.WaitingTime	.08889	(Insuf)	.08889	.08889	1
Hold 32.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 58.Queue.WaitingTime	.49167	(Insuf)	.49167	.49167	1
Hold 149.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 40.Queue.WaitingTime	.16389	(Insuf)	.16389	.16389	1
Hold 172.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	1
Hold 157.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 180.Queue.WaitingTime	1.0819	(Insuf)	1.0819	1.0819	1
Hold 45.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	1
Hold 204.Queue.WaitingTime	.53722	(Insuf)	.53722	.53722	1
Hold 53.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	1
Hold 193.Queue.WaitingTime	.90306	(Insuf)	.90306	.90306	1
Hold 152.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 160.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 66.Queue.WaitingTime	.57361	(Insuf)	.57361	.57361	1
Hold 4.Queue.WaitingTime	.06490	(Insuf)	.01194	.23361	20
Hold 165.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0

Batch 3.Queue.WaitingTime	.19373	(Insuf)	.00000	.58250	31
Hold 41.Queue.WaitingTime	.16389	(Insuf)	.16389	.16389	1
Hold 173.Queue.WaitingTime	.83583	(Insuf)	.83583	.83583	1
Hold 38.Queue.WaitingTime	.00917	(Insuf)	.00917	.00917	1
Hold 181.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	1
Hold 46.Queue.WaitingTime	.24583	(Insuf)	.24583	.24583	1
Hold 54.Queue.WaitingTime	.49167	(Insuf)	.49167	.49167	1
Hold 59.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	1
Hold 161.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 120.Queue.WaitingTime	1.9505	(Insuf)	1.9505	1.9505	1
Hold 26.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 199.Queue.WaitingTime	.90444	(Insuf)	.90444	.90444	1
Hold 200.Queue.WaitingTime	.76917	(Insuf)	.76917	.76917	1
Hold 158.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 5.Queue.WaitingTime	.04905	(Insuf)	.00778	.09889	7
Hold 205.Queue.WaitingTime	.55083	(Insuf)	.55083	.55083	1
Hold 174.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	1
Hold 88.Queue.WaitingTime	.98306	(Insuf)	.98306	.98306	1
Hold 55.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	1
Hold 195.Queue.WaitingTime	.47778	(Insuf)	.47778	.47778	1
Hold 42.Queue.WaitingTime	.16389	(Insuf)	.16389	.16389	1
Hold 27.Queue.WaitingTime	.05241	(Insuf)	.00750	.30139	24
Hold 201.Queue.WaitingTime	.67611	(Insuf)	.67611	.67611	1
Hold 159.Queue.WaitingTime	.58778	(Insuf)	.58778	.58778	1
Hold 118.Queue.WaitingTime	1.9505	(Insuf)	1.9505	1.9505	1
Hold 50.Queue.WaitingTime	.40972	(Insuf)	.40972	.40972	1
Hold 182.Queue.WaitingTime	1.0819	(Insuf)	1.0819	1.0819	1
Hold 22.Queue.WaitingTime	.02028	(Insuf)	.01194	.03583	13
Hold 48.Queue.WaitingTime	.32778	(Insuf)	.32778	.32778	1
Hold 30.Queue.WaitingTime	.02479	(Insuf)	.00806	.05778	12
Hold 162.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 35.Queue.WaitingTime	.16389	(Insuf)	.16389	.16389	1
Hold 84.Queue.WaitingTime	.90139	(Insuf)	.90139	.90139	1
Hold 175.Queue.WaitingTime	.83583	(Insuf)	.83583	.83583	1
Hold 119.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	1
Hold 183.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	1
Hold 191.Queue.WaitingTime	.85444	(Insuf)	.85444	.85444	1
Hold 150.Queue.WaitingTime	1.2508	(Insuf)	1.2508	1.2508	1
Hold 56.Queue.WaitingTime	.49167	(Insuf)	.49167	.49167	1
Hold 64.Queue.WaitingTime	.57361	(Insuf)	.57361	.57361	1
Hold 23.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 196.Queue.WaitingTime	.76694	(Insuf)	.76694	.76694	1

Hold 114.Queue.WaitingTime	1.5736	(Insuf)	1.5736	1.5736	1
Hold 31.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 163.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 122.Queue.WaitingTime	3.8522	(Insuf)	3.8522	3.8522	1
Hold 28.Queue.WaitingTime	.20174	(Insuf)	.00361	1.0586	9
Hold 202.Queue.WaitingTime	.70972	(Insuf)	.70972	.70972	1
Hold 171.Queue.WaitingTime	.83583	(Insuf)	.83583	.83583	1
Hold 36.Queue.WaitingTime	.00917	(Insuf)	.00917	.00917	1
Hold 44.Queue.WaitingTime	.24583	(Insuf)	.24583	.24583	1
Hold 176.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	1
Hold 184.Queue.WaitingTime	1.0819	(Insuf)	1.0819	1.0819	1
Hold 2.Queue.WaitingTime	.04167	(Insuf)	.01667	.06667	8
Hold 192.Queue.WaitingTime	.58278	(Insuf)	.58278	.58278	1
Hold 98.Queue.WaitingTime	1.1638	(Insuf)	1.1638	1.1638	1
Hold 57.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	1
Hold 189.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	1
Hold 65.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	1
Hold 24.Queue.WaitingTime	.01250	(Insuf)	.01250	.01250	1
Hold 156.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 164.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 52.Queue.WaitingTime	.49167	(Insuf)	.49167	.49167	1
Hold 37.Queue.WaitingTime	.00917	(Insuf)	.00917	.00917	1

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifrier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
<hr/>					
Entity 1.WIP	19.668	(Insuf)	.00000	41.000	7.0000
Hold 60.Queue.NumberInQueue	.12292	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 151.Queue.NumberInQueue	.29347	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 177.Queue.NumberInQueue	.20896	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 3.Queue.NumberInQueue	.02222	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 32.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 58.Queue.NumberInQueue	.12292	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 149.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 40.Queue.NumberInQueue	.04097	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 172.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 157.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 180.Queue.NumberInQueue	.27049	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 45.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 204.Queue.NumberInQueue	.13431	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000

Hold 53.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 193.Queue.NumberInQueue	.22576	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 152.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 160.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 66.Queue.NumberInQueue	.14340	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 4.Queue.NumberInQueue	.35847	(Insuf)	.00000	3.0000	1.0000
Hold 165.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Batch 3.Queue.NumberInQueue	2.1005	(Insuf)	.00000	6.0000	2.0000
Hold 41.Queue.NumberInQueue	.04097	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 173.Queue.NumberInQueue	.20896	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 38.Queue.NumberInQueue	.00229	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 181.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 46.Queue.NumberInQueue	.06146	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 54.Queue.NumberInQueue	.12292	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 59.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 161.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 120.Queue.NumberInQueue	.48764	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 26.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 199.Queue.NumberInQueue	.22611	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 200.Queue.NumberInQueue	.19229	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 158.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 5.Queue.NumberInQueue	.08583	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 205.Queue.NumberInQueue	.13771	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 174.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 88.Queue.NumberInQueue	.24576	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 55.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 195.Queue.NumberInQueue	.11944	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 42.Queue.NumberInQueue	.04097	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 27.Queue.NumberInQueue	.31444	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 201.Queue.NumberInQueue	.16903	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 159.Queue.NumberInQueue	.14694	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 118.Queue.NumberInQueue	.48764	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 50.Queue.NumberInQueue	.10243	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 182.Queue.NumberInQueue	.27049	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 22.Queue.NumberInQueue	.06590	(Insuf)	.00000	3.0000	.00000
Hold 48.Queue.NumberInQueue	.08194	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 30.Queue.NumberInQueue	.07437	(Insuf)	.00000	3.0000	.00000
Hold 162.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 35.Queue.NumberInQueue	.04097	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 84.Queue.NumberInQueue	.22535	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 175.Queue.NumberInQueue	.20896	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 119.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000

Hold 183.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 191.Queue.NumberInQueue	.21361	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 150.Queue.NumberInQueue	.31271	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 56.Queue.NumberInQueue	.12292	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 64.Queue.NumberInQueue	.14340	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 23.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 196.Queue.NumberInQueue	.19174	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 114.Queue.NumberInQueue	.39340	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 31.Queue.NumberInQueue	.65590	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
Hold 163.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 122.Queue.NumberInQueue	.96306	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 28.Queue.NumberInQueue	.45393	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 202.Queue.NumberInQueue	.17743	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 171.Queue.NumberInQueue	.20896	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 36.Queue.NumberInQueue	.00229	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 44.Queue.NumberInQueue	.06146	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 176.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 184.Queue.NumberInQueue	.27049	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 2.Queue.NumberInQueue	.08333	(Insuf)	.00000	4.0000	.00000
Hold 192.Queue.NumberInQueue	.14569	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 98.Queue.NumberInQueue	.29097	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 57.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 189.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 65.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 24.Queue.NumberInQueue	.00312	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 156.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 164.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 52.Queue.NumberInQueue	.12292	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 37.Queue.NumberInQueue	.00229	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000

COUNTERS

Identifiser	Count	Limit
Penggunaan Kedatangan	29	Infinite
Penggunaan Keberangkatan	15	Infinite

OUTPUTS

Identifiser	Value
-------------	-------

Entity 1.NumberIn	114.00
Entity 1.NumberOut	107.00
System.NumberOut	76.000

Simulation run time: 5.07 minutes.
Simulation run complete.

LAMPIRAN D
HASIL RUNNING SIMULASI
RANDOM NUMBER BERDASARKAN
KOMPOSISI PESAWAT EKSISTING

ARENA Simulation Results
IDEAPAD

Summary for Replication 1 of 3

Project: Unnamed Project
Analyst: Rockwell Automation

Run execution date : 1/20/2017
Model revision date: 1/20/2017

Replication ended at time : 1.0 Hours
Base Time Units: Hours

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
Entity 1.VATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	51
Entity 1.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	51
Entity 1.WaitTime	.03077	(Insuf)	.00673	.12264	51
Entity 1.TranTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	51
Entity 1.OtherTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	51
Entity 1.TotalTime	.03077	(Insuf)	.00673	.12264	51
Hold 3.Queue.WaitingTime	.02253	(Insuf)	.02000	.02505	2
Hold 32.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Batch 2.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 4.Queue.WaitingTime	.02720	(Insuf)	.00673	.07913	32
Hold 26.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 5.Queue.WaitingTime	.03845	(Insuf)	.00737	.12264	17
Hold 27.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 22.Queue.WaitingTime	.01024	(Insuf)	6.1321E-04	.01836	9
Hold 30.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 6.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	57
HOLDING APRON.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 23.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 31.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 28.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Batch 1.Queue.WaitingTime	.02153	(Insuf)	.00000	.12524	52
Hold 24.Queue.WaitingTime	.00821	(Insuf)	.00147	.01591	6
HOLDING AREA.Queue.WaitingTime	.01132	(Insuf)	.00861	.01833	4
Hold 29.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
Entity 1.WIP	45.619	(Insuf)	.00000	88.000	88.000
Hold 3.Queue.NumberInQueue	.04505	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 32.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Batch 2.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 4.Queue.NumberInQueue	.88703	(Insuf)	.00000	2.0000	1.0000
Hold 26.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 5.Queue.NumberInQueue	.82519	(Insuf)	.00000	3.0000	3.0000
Hold 27.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 22.Queue.NumberInQueue	.09212	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 30.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 6.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
HOLDING APRON.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 23.Queue.NumberInQueue	.45573	(Insuf)	.00000	2.0000	2.0000
Hold 31.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 28.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Batch 1.Queue.NumberInQueue	1.2167	(Insuf)	.00000	5.0000	3.0000
Hold 24.Queue.NumberInQueue	.04928	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
HOLDING AREA.Queue.NumberInQueue	.04528	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 29.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000

COUNTERS

Identifier	Count	Limit
Penggunaan Kedatangan	26	Infinite
Penggunaan Keberangkatan	0	Infinite

OUTPUTS

Identifier	Value
Entity 1.NumberIn	139.00
Entity 1.NumberOut	51.000
System.NumberOut	51.000

Beginning replication 2 of 3

ARENA Simulation Results
IDEAPAD

Summary for Replication 2 of 3

Project: Unnamed Project
Analyst: Rockwell Automation

Run execution date : 1/20/2017
Model revision date: 1/20/2017

Replication ended at time : 1.0 Hours
Base Time Units: Hours

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
Entity 1.VATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	57
Entity 1.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	57
Entity 1.WaitTime	.03168	(Insuf)	4.8807E-04	.11176	57
Entity 1.TranTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	57
Entity 1.OtherTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	57
Entity 1.TotalTime	.03168	(Insuf)	4.8807E-04	.11176	57
Hold 3.Queue.WaitingTime	.03574	(Insuf)	.03574	.03574	1
Hold 32.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Batch 2.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 4.Queue.WaitingTime	.02880	(Insuf)	4.8807E-04	.11176	39
Hold 26.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 5.Queue.WaitingTime	.03806	(Insuf)	.00837	.10979	17
Hold 27.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 22.Queue.WaitingTime	.00265	(Insuf)	3.6805E-04	.00604	13
Hold 30.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 6.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	59
HOLDING APRON.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 23.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 31.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 28.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Batch 1.Queue.WaitingTime	.02058	(Insuf)	.00000	.07170	56
Hold 24.Queue.WaitingTime	.00655	(Insuf)	4.1787E-04	.01269	2
HOLDING AREA.Queue.WaitingTime	.01227	(Insuf)	2.8024E-05	.02861	14
Hold 29.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
Entity 1.WIP	53.044	(Insuf)	.00000	95.000	95.000
Hold 3.Queue.NumberInQueue	.03574	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 32.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Batch 2.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 4.Queue.NumberInQueue	1.1381	(Insuf)	.00000	2.0000	1.0000
Hold 26.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 5.Queue.NumberInQueue	.64710	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 27.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 22.Queue.NumberInQueue	.03449	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 30.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 6.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
HOLDING APRON.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 23.Queue.NumberInQueue	.31361	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
Hold 31.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 28.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Batch 1.Queue.NumberInQueue	1.2138	(Insuf)	.00000	4.0000	2.0000
Hold 24.Queue.NumberInQueue	.01310	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
HOLDING AREA.Queue.NumberInQueue	.17174	(Insuf)	.00000	3.0000	.00000
Hold 29.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000

COUNTERS

Identifier	Count	Limit
Penggunaan Kedatangan	34	Infinite
Penggunaan Keberangkatan	0	Infinite

OUTPUTS

Identifier	Value
Entity 1.NumberIn	152.00
Entity 1.NumberOut	57.000
System.NumberOut	57.000
Beginning replication 3 of 3	

ARENA Simulation Results
IDEAPAD

Summary for Replication 3 of 3

Project: Unnamed Project
Analyst: Rockwell Automation

Run execution date : 1/20/2017
Model revision date: 1/20/2017

Replication ended at time : 1.0 Hours
Base Time Units: Hours

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
Entity 1.VATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	57
Entity 1.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	57
Entity 1.WaitTime	.02975	(Insuf)	2.7353E-05	.07435	57
Entity 1.TranTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	57
Entity 1.OtherTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	57
Entity 1.TotalTime	.02975	(Insuf)	2.7353E-05	.07435	57
Hold 3.Queue.WaitingTime	.02612	(Insuf)	.02612	.02612	1
Hold 32.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Batch 2.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 4.Queue.WaitingTime	.03047	(Insuf)	.01194	.07435	40
Hold 26.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 5.Queue.WaitingTime	.02817	(Insuf)	2.7353E-05	.06824	16
Hold 27.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 22.Queue.WaitingTime	.00254	(Insuf)	5.3525E-04	.00631	11
Hold 30.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 6.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	60
HOLDING APRON.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 23.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 31.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 28.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Batch 1.Queue.WaitingTime	.01530	(Insuf)	.00000	.06524	57
Hold 24.Queue.WaitingTime	.00711	(Insuf)	.00259	.01164	2
HOLDING AREA.Queue.WaitingTime	.01115	(Insuf)	.00861	.01778	7
Hold 29.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
Entity 1.WIP	48.414	(Insuf)	.00000	96.000	95.000
Hold 3.Queue.NumberInQueue	.02612	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 32.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Batch 2.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 4.Queue.NumberInQueue	1.2263	(Insuf)	.00000	2.0000	1.0000
Hold 26.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 5.Queue.NumberInQueue	.45079	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 27.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 22.Queue.NumberInQueue	.02798	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 30.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 6.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
HOLDING APRON.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 23.Queue.NumberInQueue	.95146	(Insuf)	.00000	2.0000	2.0000
Hold 31.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 28.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Batch 1.Queue.NumberInQueue	.87951	(Insuf)	.00000	4.0000	1.0000
Hold 24.Queue.NumberInQueue	.01423	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
HOLDING AREA.Queue.NumberInQueue	.07806	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 29.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000

COUNTERS

Identifier	Count	Limit
Penggunaan Kedatangan	33	Infinite
Penggunaan Keberangkatan	0	Infinite

OUTPUTS

Identifier	Value
Entity 1.NumberIn	152.00
Entity 1.NumberOut	57.000
System.NumberOut	57.000

ARENA Simulation Results
IDEAPAD

Output Summary for 3 Replications

Project: Unnamed Project
Analyst: Rockwell Automation

Run execution date : 1/20/2017
Model revision date: 1/20/2017

OUTPUTS

Identifier	Average	Half-width	Minimum	Maximum	# Replications
Entity 1.NumberIn	147.66	18.646	139.00	152.00	3
Entity 1.NumberOut	55.000	8.6060	51.000	57.000	3
System.NumberOut	55.000	8.6060	51.000	57.000	3

Simulation run time: 1.10 minutes.
Simulation run complete.

ARENA Simulation Results
IDEAPAD

Summary for Replication 1 of 3

Project: Unnamed Project
Analyst: Rockwell Automation

Run execution date : 1/20/2017
Model revision date: 1/20/2017

Replication ended at time : 2.0 Hours
Base Time Units: Hours

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
Entity 1.VATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	147
Entity 1.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	147
Entity 1.WaitTime	.03499	(Insuf)	.00000	.25234	147
Entity 1.TranTime	.01717	(Insuf)	.00000	.27278	147
Entity 1.OtherTime	.14511	(Insuf)	.00000	2.2844	147
Entity 1.TotalTime	.17526	(Insuf)	2.7778E-04	1.3819	147
Hold 3.Queue.WaitingTime	.02253	(Insuf)	.02000	.02505	2
Hold 32.Queue.WaitingTime	.01523	(Insuf)	.01060	.01985	5
Batch 2.Queue.WaitingTime	.00886	(Insuf)	.00000	.08360	20
Hold 4.Queue.WaitingTime	.02655	(Insuf)	8.4527E-04	.07913	67
Hold 26.Queue.WaitingTime	.03691	(Insuf)	.03691	.03691	1
Hold 5.Queue.WaitingTime	.03275	(Insuf)	.00108	.12264	41
Hold 27.Queue.WaitingTime	.01781	(Insuf)	.00857	.03972	13
Hold 22.Queue.WaitingTime	.00608	(Insuf)	6.1321E-04	.01836	22
Hold 30.Queue.WaitingTime	.00259	(Insuf)	5.5556E-04	.00702	5
Hold 6.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	117
HOLDING APRON.Queue.WaitingTime	.03079	(Insuf)	.00182	.06439	12
Hold 23.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 31.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 28.Queue.WaitingTime	.01104	(Insuf)	2.7778E-04	.02191	6
Batch 1.Queue.WaitingTime	.01992	(Insuf)	.00000	.12524	111
Hold 24.Queue.WaitingTime	.00883	(Insuf)	.00108	.01591	12
HOLDING AREA.Queue.WaitingTime	.01322	(Insuf)	.00468	.03384	24
Hold 29.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	21

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
Entity 1.WIP	80.605	(Insuf)	.00000	130.00	128.00
Hold 3.Queue.NumberInQueue	.02253	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 32.Queue.NumberInQueue	.03808	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Batch 2.Queue.NumberInQueue	.09481	(Insuf)	.00000	2.0000	1.0000
Hold 4.Queue.NumberInQueue	.89005	(Insuf)	.00000	2.0000	1.0000
Hold 26.Queue.NumberInQueue	.01846	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 5.Queue.NumberInQueue	.67129	(Insuf)	.00000	3.0000	.00000
Hold 27.Queue.NumberInQueue	.11574	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 22.Queue.NumberInQueue	.06683	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 30.Queue.NumberInQueue	.00649	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 6.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
HOLDING APRON.Queue.NumberInQueue	.18475	(Insuf)	.00000	3.0000	.00000
Hold 23.Queue.NumberInQueue	2.5600	(Insuf)	.00000	6.0000	6.0000
Hold 31.Queue.NumberInQueue	.11641	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
Hold 28.Queue.NumberInQueue	.03933	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
Batch 1.Queue.NumberInQueue	1.1057	(Insuf)	.00000	5.0000	.00000
Hold 24.Queue.NumberInQueue	.05300	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
HOLDING AREA.Queue.NumberInQueue	.16055	(Insuf)	.00000	4.0000	3.0000
Hold 29.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000

COUNTERS

Identifier	Count	Limit
Penggunaan Kedatangan	64	Infinite
Penggunaan Keberangkatan	17	Infinite

OUTPUTS

Identifier	Value
Entity 1.NumberIn	332.00
Entity 1.NumberOut	204.00
System.NumberOut	147.00

Beginning replication 2 of 3

ARENA Simulation Results
IDEAPAD

Summary for Replication 2 of 3

Project: Unnamed Project
Analyst: Rockwell Automation

Run execution date : 1/20/2017
Model revision date: 1/20/2017

Replication ended at time : 2.0 Hours
Base Time Units: Hours

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
Entity 1.VATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	162
Entity 1.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	162
Entity 1.WaitTime	.03302	(Insuf)	.00000	.18927	162
Entity 1.TranTime	.02211	(Insuf)	.00000	.28833	162
Entity 1.OtherTime	.18576	(Insuf)	.00000	2.2400	162
Entity 1.TotalTime	.20699	(Insuf)	2.1357E-04	1.4215	162
Hold 3.Queue.WaitingTime	.03574	(Insuf)	.03574	.03574	1
Hold 32.Queue.WaitingTime	.00577	(Insuf)	.00138	.01193	4
Batch 2.Queue.WaitingTime	.01200	(Insuf)	.00000	.06284	28
Hold 4.Queue.WaitingTime	.02592	(Insuf)	2.1357E-04	.11176	78
Hold 26.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 5.Queue.WaitingTime	.02996	(Insuf)	.00167	.10979	33
Hold 27.Queue.WaitingTime	.01356	(Insuf)	.00205	.03385	18
Hold 22.Queue.WaitingTime	.00467	(Insuf)	1.5525E-04	.01409	37
Hold 30.Queue.WaitingTime	.01205	(Insuf)	4.1847E-04	.03583	20
Hold 6.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	116
HOLDING APRON.Queue.WaitingTime	.01832	(Insuf)	.00361	.04306	17
Hold 23.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 31.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 28.Queue.WaitingTime	.02193	(Insuf)	.00611	.04724	9
Batch 1.Queue.WaitingTime	.02000	(Insuf)	.00000	.07170	111
Hold 24.Queue.WaitingTime	.00500	(Insuf)	4.1787E-04	.01269	6
HOLDING AREA.Queue.WaitingTime	.01104	(Insuf)	2.8024E-05	.02861	26
Hold 29.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	27

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
Entity 1.WIP	81.980	(Insuf)	.00000	122.00	108.00
Hold 3.Queue.NumberInQueue	.01787	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 32.Queue.NumberInQueue	.01153	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Batch 2.Queue.NumberInQueue	.16795	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 4.Queue.NumberInQueue	1.0165	(Insuf)	.00000	2.0000	1.0000
Hold 26.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 5.Queue.NumberInQueue	.49429	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 27.Queue.NumberInQueue	.13374	(Insuf)	.00000	2.0000	1.0000
Hold 22.Queue.NumberInQueue	.08643	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 30.Queue.NumberInQueue	.12046	(Insuf)	.00000	3.0000	.00000
Hold 6.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
HOLDING APRON.Queue.NumberInQueue	.15572	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 23.Queue.NumberInQueue	1.5266	(Insuf)	.00000	3.0000	3.0000
Hold 31.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 28.Queue.NumberInQueue	.09868	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Batch 1.Queue.NumberInQueue	1.1334	(Insuf)	.00000	5.0000	2.0000
Hold 24.Queue.NumberInQueue	.01501	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
HOLDING AREA.Queue.NumberInQueue	.14351	(Insuf)	.00000	3.0000	.00000
Hold 29.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000

COUNTERS

Identifier	Count	Limit
Penggunaan Kedatangan	59	Infinite
Penggunaan Keberangkatan	23	Infinite

OUTPUTS

Identifier	Value
Entity 1.NumberIn	341.00
Entity 1.NumberOut	233.00
System.NumberOut	162.00

Beginning replication 3 of 3

ARENA Simulation Results
IDEAPAD

Summary for Replication 3 of 3

Project: Unnamed Project
Analyst: Rockwell Automation

Run execution date : 1/20/2017
Model revision date: 1/20/2017

Replication ended at time : 2.0 Hours
Base Time Units: Hours

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
Entity 1.VATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	150
Entity 1.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	150
Entity 1.WaitTime	.03146	(Insuf)	.00000	.19588	150
Entity 1.TranTime	.01847	(Insuf)	.00000	.28000	150
Entity 1.OtherTime	.15609	(Insuf)	.00000	2.2436	150
Entity 1.TotalTime	.17029	(Insuf)	2.7353E-05	1.4341	150
Hold 3.Queue.WaitingTime	.02612	(Insuf)	.02612	.02612	1
Hold 32.Queue.WaitingTime	.01152	(Insuf)	.00211	.02083	6
Batch 2.Queue.WaitingTime	.01701	(Insuf)	.00000	.10055	21
Hold 4.Queue.WaitingTime	.02684	(Insuf)	1.1425E-04	.07517	81
Hold 26.Queue.WaitingTime	.02009	(Insuf)	.02009	.02009	1
Hold 5.Queue.WaitingTime	.02206	(Insuf)	2.7353E-05	.06824	30
Hold 27.Queue.WaitingTime	.02340	(Insuf)	.01013	.05151	14
Hold 22.Queue.WaitingTime	.00447	(Insuf)	5.1179E-04	.01154	30
Hold 30.Queue.WaitingTime	.01037	(Insuf)	.00198	.02525	17
Hold 6.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	117
HOLDING APRON.Queue.WaitingTime	.01883	(Insuf)	.00139	.06559	12
Hold 23.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 31.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 28.Queue.WaitingTime	.03110	(Insuf)	.02308	.04083	6
Batch 1.Queue.WaitingTime	.01619	(Insuf)	.00000	.07517	113
Hold 24.Queue.WaitingTime	.00644	(Insuf)	.00215	.01219	7
HOLDING AREA.Queue.WaitingTime	.01208	(Insuf)	6.6981E-04	.02639	33
Hold 29.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	24

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
Entity 1.WIP	83.076	(Insuf)	.00000	135.00	134.00
Hold 3.Queue.NumberInQueue	.01306	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 32.Queue.NumberInQueue	.03455	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Batch 2.Queue.NumberInQueue	.18388	(Insuf)	.00000	2.0000	1.0000
Hold 4.Queue.NumberInQueue	1.0871	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 26.Queue.NumberInQueue	.01005	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 5.Queue.NumberInQueue	.33917	(Insuf)	.00000	2.0000	1.0000
Hold 27.Queue.NumberInQueue	.16906	(Insuf)	.00000	2.0000	1.0000
Hold 22.Queue.NumberInQueue	.06708	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 30.Queue.NumberInQueue	.08812	(Insuf)	.00000	3.0000	.00000
Hold 6.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
HOLDING APRON.Queue.NumberInQueue	.11301	(Insuf)	.00000	3.0000	.00000
Hold 23.Queue.NumberInQueue	1.8387	(Insuf)	.00000	4.0000	4.0000
Hold 31.Queue.NumberInQueue	.59956	(Insuf)	.00000	3.0000	3.0000
Hold 28.Queue.NumberInQueue	.09329	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Batch 1.Queue.NumberInQueue	.91485	(Insuf)	.00000	4.0000	.00000
Hold 24.Queue.NumberInQueue	.02254	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
HOLDING AREA.Queue.NumberInQueue	.20757	(Insuf)	.00000	3.0000	1.0000
Hold 29.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000

COUNTERS

Identifier	Count	Limit
Penggunaan Kedatangan	71	Infinite
Penggunaan Keberangkatan	17	Infinite

OUTPUTS

Identifier	Value
Entity 1.NumberIn	341.00
Entity 1.NumberOut	207.00
System.NumberOut	150.00

ARENA Simulation Results
IDEAPAD

Output Summary for 3 Replications

Project: Unnamed Project
Analyst: Rockwell Automation

Run execution date : 1/20/2017
Model revision date: 1/20/2017

OUTPUTS

Identifier	Average	Half-width	Minimum	Maximum	# Replications
Entity 1.NumberIn	338.00	12.909	332.00	341.00	3
Entity 1.NumberOut	214.66	39.619	204.00	233.00	3
System.NumberOut	153.00	19.718	147.00	162.00	3

Simulation run time: 1.95 minutes.
Simulation run complete.

ARENA Simulation Results
IDEAPAD

Summary for Replication 1 of 3

Project: Unnamed Project
Analyst: Rockwell Automation

Run execution date : 1/20/2017
Model revision date: 1/20/2017

Replication ended at time : 3.0 Hours
Base Time Units: Hours

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
Entity 1.VATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	261
Entity 1.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	261
Entity 1.WaitTime	.03583	(Insuf)	.00000	.25365	261
Entity 1.TranTime	.02589	(Insuf)	.00000	.27722	261
Entity 1.OtherTime	.21482	(Insuf)	.00000	2.2844	261
Entity 1.TotalTime	.25208	(Insuf)	1.2597E-04	1.4302	261
Hold 3.Queue.WaitingTime	.02253	(Insuf)	.02000	.02505	2
Hold 32.Queue.WaitingTime	.01212	(Insuf)	.00417	.01985	13
Batch 2.Queue.WaitingTime	.00958	(Insuf)	.00000	.08360	51
Hold 4.Queue.WaitingTime	.02376	(Insuf)	6.0036E-04	.07913	108
Hold 26.Queue.WaitingTime	.03691	(Insuf)	.03691	.03691	1
Hold 5.Queue.WaitingTime	.02971	(Insuf)	.00108	.12264	54
Hold 27.Queue.WaitingTime	.01559	(Insuf)	1.2597E-04	.03972	28
Hold 22.Queue.WaitingTime	.00494	(Insuf)	5.3272E-05	.01836	45
Hold 30.Queue.WaitingTime	.00660	(Insuf)	5.5556E-04	.01194	17
Hold 6.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	173
HOLDING APRON.Queue.WaitingTime	.03415	(Insuf)	.00182	.08778	36
Hold 23.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 31.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 28.Queue.WaitingTime	.01445	(Insuf)	2.7778E-04	.03615	22
Batch 1.Queue.WaitingTime	.01800	(Insuf)	.00000	.12524	164
Hold 24.Queue.WaitingTime	.00961	(Insuf)	.00108	.01849	19
HOLDING AREA.Queue.WaitingTime	.01207	(Insuf)	5.2909E-04	.03384	55
Hold 29.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	53

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
Entity 1.WIP	98.458	(Insuf)	.00000	145.00	133.00
Hold 3.Queue.NumberInQueue	.01502	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 32.Queue.NumberInQueue	.05252	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Batch 2.Queue.NumberInQueue	.16278	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 4.Queue.NumberInQueue	.87022	(Insuf)	.00000	2.0000	1.0000
Hold 26.Queue.NumberInQueue	.01230	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 5.Queue.NumberInQueue	.53774	(Insuf)	.00000	3.0000	1.0000
Hold 27.Queue.NumberInQueue	.14553	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 22.Queue.NumberInQueue	.07406	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 30.Queue.NumberInQueue	.03741	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 6.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
HOLDING APRON.Queue.NumberInQueue	.40977	(Insuf)	.00000	5.0000	.00000
Hold 23.Queue.NumberInQueue	3.8775	(Insuf)	.00000	8.0000	8.0000
Hold 31.Queue.NumberInQueue	.93581	(Insuf)	.00000	3.0000	3.0000
Hold 28.Queue.NumberInQueue	.10597	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Batch 1.Queue.NumberInQueue	1.0019	(Insuf)	.00000	5.0000	2.0000
Hold 24.Queue.NumberInQueue	.06089	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
HOLDING AREA.Queue.NumberInQueue	.22126	(Insuf)	.00000	4.0000	.00000
Hold 29.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000

COUNTERS

Identifier	Count	Limit
Penggunaan Kedatangan	97	Infinite
Penggunaan Keberangkatan	46	Infinite

OUTPUTS

Identifier	Value
Entity 1.NumberIn	535.00
Entity 1.NumberOut	402.00
System.NumberOut	261.00

Beginning replication 2 of 3

ARENA Simulation Results
IDEAPAD

Summary for Replication 2 of 3

Project: Unnamed Project
Analyst: Rockwell Automation

Run execution date : 1/20/2017
Model revision date: 1/20/2017

Replication ended at time : 3.0 Hours
Base Time Units: Hours

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
Entity 1.VATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	258
Entity 1.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	258
Entity 1.WaitTime	.03409	(Insuf)	.00000	.20828	258
Entity 1.TranTime	.02544	(Insuf)	.00000	.28833	258
Entity 1.OtherTime	.21245	(Insuf)	.00000	2.2400	258
Entity 1.TotalTime	.23835	(Insuf)	2.1357E-04	1.4312	258
Hold 3.Queue.WaitingTime	.03574	(Insuf)	.03574	.03574	1
Hold 32.Queue.WaitingTime	.00773	(Insuf)	.00138	.01278	6
Batch 2.Queue.WaitingTime	.01325	(Insuf)	.00000	.11877	49
Hold 4.Queue.WaitingTime	.02441	(Insuf)	2.1357E-04	.11176	117
Hold 26.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 5.Queue.WaitingTime	.02671	(Insuf)	.00167	.10979	48
Hold 27.Queue.WaitingTime	.01735	(Insuf)	.00116	.05362	32
Hold 22.Queue.WaitingTime	.00460	(Insuf)	1.5525E-04	.01409	53
Hold 30.Queue.WaitingTime	.01036	(Insuf)	4.1847E-04	.03583	34
Hold 6.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	174
HOLDING APRON.Queue.WaitingTime	.01875	(Insuf)	.00361	.04306	24
Hold 23.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 31.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 28.Queue.WaitingTime	.02046	(Insuf)	.00479	.04724	17
Batch 1.Queue.WaitingTime	.01911	(Insuf)	.00000	.07170	165
Hold 24.Queue.WaitingTime	.00597	(Insuf)	1.1018E-04	.01269	11
HOLDING AREA.Queue.WaitingTime	.01033	(Insuf)	2.8024E-05	.02861	41
Hold 29.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	53

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
Entity 1.WIP	94.661	(Insuf)	.00000	136.00	126.00
Hold 3.Queue.NumberInQueue	.01191	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 32.Queue.NumberInQueue	.01547	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Batch 2.Queue.NumberInQueue	.21646	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 4.Queue.NumberInQueue	.95251	(Insuf)	.00000	2.0000	1.0000
Hold 26.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 5.Queue.NumberInQueue	.42740	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 27.Queue.NumberInQueue	.18505	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 22.Queue.NumberInQueue	.08120	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 30.Queue.NumberInQueue	.11741	(Insuf)	.00000	3.0000	.00000
Hold 6.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
HOLDING APRON.Queue.NumberInQueue	.14997	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 23.Queue.NumberInQueue	3.0048	(Insuf)	.00000	8.0000	8.0000
Hold 31.Queue.NumberInQueue	.47454	(Insuf)	.00000	5.0000	5.0000
Hold 28.Queue.NumberInQueue	.11594	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Batch 1.Queue.NumberInQueue	1.0579	(Insuf)	.00000	5.0000	2.0000
Hold 24.Queue.NumberInQueue	.02190	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
HOLDING AREA.Queue.NumberInQueue	.14117	(Insuf)	.00000	3.0000	.00000
Hold 29.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000

COUNTERS

Identifier	Count	Limit
Penggunaan Kedatangan	87	Infinite
Penggunaan Keberangkatan	43	Infinite

OUTPUTS

Identifier	Value
Entity 1.NumberIn	521.00
Entity 1.NumberOut	395.00
System.NumberOut	258.00

Beginning replication 3 of 3

ARENA Simulation Results
IDEAPAD

Summary for Replication 3 of 3

Project: Unnamed Project
Analyst: Rockwell Automation

Run execution date : 1/20/2017
Model revision date: 1/20/2017

Replication ended at time : 3.0 Hours
Base Time Units: Hours

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
Entity 1.VATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	271
Entity 1.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	271
Entity 1.WaitTime	.03401	(Insuf)	.00000	.23277	271
Entity 1.TranTime	.02602	(Insuf)	.00000	.28000	271
Entity 1.OtherTime	.21812	(Insuf)	.00000	2.2475	271
Entity 1.TotalTime	.22877	(Insuf)	2.7353E-05	1.4341	271
Hold 3.Queue.WaitingTime	.02612	(Insuf)	.02612	.02612	1
Hold 32.Queue.WaitingTime	.01508	(Insuf)	.00211	.03300	14
Batch 2.Queue.WaitingTime	.01204	(Insuf)	.00000	.10055	56
Hold 4.Queue.WaitingTime	.02327	(Insuf)	1.1425E-04	.07517	131
Hold 26.Queue.WaitingTime	.02009	(Insuf)	.02009	.02009	1
Hold 5.Queue.WaitingTime	.02263	(Insuf)	2.7353E-05	.06824	40
Hold 27.Queue.WaitingTime	.02118	(Insuf)	.00124	.05267	35
Hold 22.Queue.WaitingTime	.00457	(Insuf)	5.5290E-06	.01207	68
Hold 30.Queue.WaitingTime	.01345	(Insuf)	.00140	.02917	60
Hold 6.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	179
HOLDING APRON.Queue.WaitingTime	.02736	(Insuf)	.00139	.07000	32
Hold 23.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 31.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 28.Queue.WaitingTime	.01781	(Insuf)	4.3125E-04	.04083	20
Batch 1.Queue.WaitingTime	.01677	(Insuf)	.00000	.07517	170
Hold 24.Queue.WaitingTime	.00658	(Insuf)	.00215	.01219	9
HOLDING AREA.Queue.WaitingTime	.01183	(Insuf)	6.0468E-04	.03056	58
Hold 29.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	60

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
Entity 1.WIP	102.73	(Insuf)	.00000	158.00	149.00
Hold 3.Queue.NumberInQueue	.00871	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 32.Queue.NumberInQueue	.07039	(Insuf)	.00000	3.0000	.00000
Batch 2.Queue.NumberInQueue	.22477	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 4.Queue.NumberInQueue	1.0178	(Insuf)	.00000	2.0000	1.0000
Hold 26.Queue.NumberInQueue	.00670	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 5.Queue.NumberInQueue	.30172	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 27.Queue.NumberInQueue	.24712	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 22.Queue.NumberInQueue	.10358	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 30.Queue.NumberInQueue	.26908	(Insuf)	.00000	3.0000	.00000
Hold 6.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
HOLDING APRON.Queue.NumberInQueue	.30318	(Insuf)	.00000	4.0000	2.0000
Hold 23.Queue.NumberInQueue	3.0838	(Insuf)	.00000	6.0000	6.0000
Hold 31.Queue.NumberInQueue	1.5109	(Insuf)	.00000	4.0000	4.0000
Hold 28.Queue.NumberInQueue	.11873	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Batch 1.Queue.NumberInQueue	.97505	(Insuf)	.00000	5.0000	3.0000
Hold 24.Queue.NumberInQueue	.01974	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
HOLDING AREA.Queue.NumberInQueue	.22867	(Insuf)	.00000	4.0000	.00000
Hold 29.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000

COUNTERS

Identifier	Count	Limit
Penggunaan Kedatangan	105	Infinite
Penggunaan Keberangkatan	43	Infinite

OUTPUTS

Identifier	Value
Entity 1.NumberIn	560.00
Entity 1.NumberOut	411.00
System.NumberOut	271.00

ARENA Simulation Results
IDEAPAD

Output Summary for 3 Replications

Project: Unnamed Project
Analyst: Rockwell Automation

Run execution date : 1/20/2017
Model revision date: 1/20/2017

OUTPUTS

Identifier	Average	Half-width	Minimum	Maximum	# Replications
Entity 1.NumberIn	538.66	49.082	521.00	560.00	3
Entity 1.NumberOut	402.66	19.926	395.00	411.00	3
System.NumberOut	263.33	16.910	258.00	271.00	3

Simulation run time: 2.42 minutes.
Simulation run complete.

LAMPIRAN E
HASIL RUNNING SIMULASI
RANDOM NUMBER PERCOBAAN
1,2,3 DAN 4

ARENA Simulation Results
IDEAPAD

Summary for Replication 1 of 3

Project: Percobaan 1
pesawat B 5%, pesawat C 70%, pesawat D 25%
parkir terisi 30%
batch kedatangan (1,10) batch keberangkatan (1,2)
Analyst: Rockwell Automation

Run execution date : 1/26/2017

Model revision date: 1/26/2017

Replication ended at time : 1.0 Hours
Base Time Units: Hours

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
Entity 1.VATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	79
Entity 1.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	79
Entity 1.WaitTime	.04009	(Insuf)	.00000	.46938	79
Entity 1.TranTime	.02224	(Insuf)	.00000	.26722	79
Entity 1.OtherTime	.01098	(Insuf)	.00000	.12419	79
Entity 1.TotalTime	.06326	(Insuf)	.00153	.45182	79
Hold 3.Queue.WaitingTime	.03279	(Insuf)	.02648	.04050	6
Hold 32.Queue.WaitingTime	.05627	(Insuf)	.02083	.09455	5
Batch 2.Queue.WaitingTime	.00397	(Insuf)	.00000	.02278	14
Hold 4.Queue.WaitingTime	.02525	(Insuf)	.00214	.06042	35
Hold 26.Queue.WaitingTime	.00660	(Insuf)	.00660	.00660	1
Hold 5.Queue.WaitingTime	.02357	(Insuf)	.00153	.05432	13
Hold 34.Queue.WaitingTime	5.7724E-12	(Insuf)	5.7724E-12	5.7724E-12	1
Hold 27.Queue.WaitingTime	.01194	(Insuf)	.01194	.02389	8
Hold 22.Queue.WaitingTime	.00861	(Insuf)	1.2469E-04	.02192	19

Hold 30.Queue.WaitingTime	.06182	(Insuf)	.01194	.10611	18
Hold 6.Queue.WaitingTime	1.0127E-13	(Insuf)	.00000	5.7724E-12	57
HOLDING APRON.Queue.WaitingTime	.01412	(Insuf)	.00521	.04111	8
Hold 23.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 31.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 28.Queue.WaitingTime	.01494	(Insuf)	.00333	.03333	5
Batch 1.Queue.WaitingTime	.04136	(Insuf)	.00000	.13442	56
Hold 24.Queue.WaitingTime	.01599	(Insuf)	.01336	.01862	2
HOLDING AREA.Queue.WaitingTime	.02308	(Insuf)	.00394	.06556	15
Hold 29.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	13

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
Entity 1.WIP	47.952	(Insuf)	.00000	85.000	85.000
Hold 3.Queue.NumberInQueue	.19672	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 32.Queue.NumberInQueue	.28137	(Insuf)	.00000	3.0000	.00000
Batch 2.Queue.NumberInQueue	.05555	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 4.Queue.NumberInQueue	.92961	(Insuf)	.00000	2.0000	1.0000
Hold 26.Queue.NumberInQueue	.00660	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 5.Queue.NumberInQueue	.31628	(Insuf)	.00000	3.0000	1.0000
Hold 34.Queue.NumberInQueue	5.7724E-12	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 27.Queue.NumberInQueue	.13642	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 22.Queue.NumberInQueue	.16654	(Insuf)	.00000	2.0000	1.0000
Hold 30.Queue.NumberInQueue	1.1127	(Insuf)	.00000	7.0000	.00000
Hold 6.Queue.NumberInQueue	5.7724E-12	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
HOLDING APRON.Queue.NumberInQueue	.11300	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 23.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 31.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 28.Queue.NumberInQueue	.07472	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Batch 1.Queue.NumberInQueue	2.3161	(Insuf)	.00000	7.0000	.00000
Hold 24.Queue.NumberInQueue	.03198	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
HOLDING AREA.Queue.NumberInQueue	.34619	(Insuf)	.00000	4.0000	.00000
Hold 29.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000

COUNTERS

Identifier	Count	Limit
------------	-------	-------

Penggunaan Kedatangan	25	Infinite
Penggunaan Keberangkatan	11	Infinite

OUTPUTS

Identifiser	Value
Entity 1.NumberIn	178.00
Entity 1.NumberOut	93.000
System.NumberOut	79.000

Beginning replication 2 of 3

ARENA Simulation Results IDEAPAD

Summary for Replication 2 of 3

Project: Unnamed Project
Analyst: Rockwell Automation

Run execution date : 1/26/2017
Model revision date: 1/26/2017

Replication ended at time : 1.0 Hours
Base Time Units: Hours

TALLY VARIABLES

Identifiser	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
Entity 1.VATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	83
Entity 1.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	83
Entity 1.WaitTime	.03691	(Insuf)	.00000	.27586	83
Entity 1.TranTime	.02039	(Insuf)	.00000	.13722	83
Entity 1.OtherTime	.01069	(Insuf)	.00000	.09652	83
Entity 1.TotalTime	.06800	(Insuf)	6.0756E-04	.49157	83
Hold 3.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 32.Queue.WaitingTime	.05666	(Insuf)	.02134	.11510	9
Batch 2.Queue.WaitingTime	.00276	(Insuf)	.00000	.01919	13
Hold 4.Queue.WaitingTime	.02636	(Insuf)	6.0756E-04	.06584	41
Hold 26.Queue.WaitingTime	.02257	(Insuf)	.02257	.02257	1
Hold 5.Queue.WaitingTime	.02028	(Insuf)	.01034	.05919	15

Hold 34.Queue.WaitingTime	3.7028E-12	(Insuf)	3.7028E-12	3.7028E-12	1
Hold 27.Queue.WaitingTime	.01444	(Insuf)	.01194	.02389	7
Hold 22.Queue.WaitingTime	.00973	(Insuf)	1.7497E-04	.02454	21
Hold 30.Queue.WaitingTime	.04332	(Insuf)	.00621	.07935	15
Hold 6.Queue.WaitingTime	6.4961E-14	(Insuf)	.00000	3.7028E-12	57
HOLDING APRON.Queue.WaitingTime	.04579	(Insuf)	.02861	.08556	10
Hold 23.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 31.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 28.Queue.WaitingTime	.01599	(Insuf)	.00391	.02308	6
Batch 1.Queue.WaitingTime	.03939	(Insuf)	.00000	.10609	56
Hold 24.Queue.WaitingTime	.01319	(Insuf)	.00691	.03161	5
HOLDING AREA.Queue.WaitingTime	.01656	(Insuf)	.00126	.03891	14
Hold 29.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	13

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
Entity 1.WIP	48.897	(Insuf)	.00000	84.000	84.000
Hold 3.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 32.Queue.NumberInQueue	.50990	(Insuf)	.00000	5.0000	.00000
Batch 2.Queue.NumberInQueue	.63625	(Insuf)	.00000	2.0000	1.0000
Hold 4.Queue.NumberInQueue	1.0985	(Insuf)	.00000	2.0000	1.0000
Hold 26.Queue.NumberInQueue	.02257	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 5.Queue.NumberInQueue	.32459	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
Hold 34.Queue.NumberInQueue	3.7028E-12	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 27.Queue.NumberInQueue	.10109	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 22.Queue.NumberInQueue	.20425	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 30.Queue.NumberInQueue	.64978	(Insuf)	.00000	5.0000	.00000
Hold 6.Queue.NumberInQueue	3.7028E-12	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
HOLDING APRON.Queue.NumberInQueue	.45786	(Insuf)	.00000	3.0000	.00000
Hold 23.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 31.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 28.Queue.NumberInQueue	.09596	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Batch 1.Queue.NumberInQueue	2.2443	(Insuf)	.00000	8.0000	2.0000
Hold 24.Queue.NumberInQueue	.06597	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
HOLDING AREA.Queue.NumberInQueue	.23179	(Insuf)	.00000	3.0000	.00000
Hold 29.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000

COUNTERS

Identifier	Count	Limit
Penggunaan Kedatangan	23	Infinite
Penggunaan Keberangkatan	13	Infinite

OUTPUTS

Identifier	Value
Entity 1.NumberIn	180.00
Entity 1.NumberOut	96.000
System.NumberOut	83.000

Beginning replication 3 of 3

ARENA Simulation Results IDEAPAD

Summary for Replication 3 of 3

Project: Unnamed Project
Analyst: Rockwell Automation

Run execution date : 1/26/2017
Model revision date: 1/26/2017

Replication ended at time : 1.0 Hours
Base Time Units: Hours

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
Entity 1.VATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	85
Entity 1.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	85
Entity 1.WaitTime	.03876	(Insuf)	4.1758E-04	.35360	85
Entity 1.TranTime	.02153	(Insuf)	.00000	.27083	85
Entity 1.OtherTime	.00958	(Insuf)	.00000	.13473	85
Entity 1.TotalTime	.06231	(Insuf)	4.1758E-04	.42218	85
Hold 3.Queue.WaitingTime	.02449	(Insuf)	.02000	.03426	5
Hold 32.Queue.WaitingTime	.07447	(Insuf)	.00445	.12734	7
Batch 2.Queue.WaitingTime	.00805	(Insuf)	.00000	.03649	14

Hold 4.Queue.WaitingTime	.02553	(Insuf)	.00649	.07690	40
Hold 26.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 5.Queue.WaitingTime	.02696	(Insuf)	.00276	.04957	14
Hold 34.Queue.WaitingTime	3.6813E-12	(Insuf)	3.6813E-12	3.6813E-12	1
Hold 27.Queue.WaitingTime	.01716	(Insuf)	.00732	.03183	8
Hold 22.Queue.WaitingTime	.01033	(Insuf)	9.3331E-04	.02400	19
Hold 30.Queue.WaitingTime	.02952	(Insuf)	.01135	.06960	17
Hold 6.Queue.WaitingTime	6.1355E-14	(Insuf)	.00000	3.6813E-12	60
HOLDING APRON.Queue.WaitingTime	.03710	(Insuf)	.00121	.06278	12
Hold 23.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 31.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 28.Queue.WaitingTime	.00931	(Insuf)	4.1758E-04	.01851	6
Batch 1.Queue.WaitingTime	.02900	(Insuf)	.00000	.09351	60
Hold 24.Queue.WaitingTime	.01161	(Insuf)	.00123	.02996	6
HOLDING AREA.Queue.WaitingTime	.01682	(Insuf)	.00677	.03111	9
Hold 29.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	13

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
Entity 1.WIP	46.679	(Insuf)	.00000	89.000	87.000
Hold 3.Queue.NumberInQueue	.12245	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 32.Queue.NumberInQueue	.52128	(Insuf)	.00000	5.0000	.00000
Batch 2.Queue.NumberInQueue	.11266	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 4.Queue.NumberInQueue	1.0227	(Insuf)	.00000	3.0000	1.0000
Hold 26.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 5.Queue.NumberInQueue	.37744	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 34.Queue.NumberInQueue	3.6813E-12	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 27.Queue.NumberInQueue	.13727	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 22.Queue.NumberInQueue	.19632	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 30.Queue.NumberInQueue	.50179	(Insuf)	.00000	4.0000	.00000
Hold 6.Queue.NumberInQueue	3.6813E-12	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
HOLDING APRON.Queue.NumberInQueue	.44522	(Insuf)	.00000	4.0000	.00000
Hold 23.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 31.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 28.Queue.NumberInQueue	.05586	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Batch 1.Queue.NumberInQueue	1.7398	(Insuf)	.00000	7.0000	.00000
Hold 24.Queue.NumberInQueue	.06968	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
HOLDING AREA.Queue.NumberInQueue	.15474	(Insuf)	.00000	2.0000	2.0000
Hold 29.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000

COUNTERS

Identifier	Count	Limit
Penggunaan Kedatangan	25	Infinite
Penggunaan Keberangkatan	12	Infinite

OUTPUTS

Identifier	Value
Entity 1.NumberIn	186.00
Entity 1.NumberOut	99.000
System.NumberOut	85.000

ARENA Simulation Results
IDEAPAD

Output Summary for 3 Replications

Project: Unnamed Project
Analyst: Rockwell Automation

Run execution date : 1/26/2017
Model revision date: 1/26/2017

OUTPUTS

Identifier	Average	Half-width	Minimum	Maximum	# Replications
Entity 1.NumberIn	181.33	10.343	178.00	186.00	3
Entity 1.NumberOut	96.000	7.4530	93.000	99.000	3
System.NumberOut	82.333	7.5897	79.000	85.000	3

Simulation run time: 0.18 minutes.
Simulation run complete.

ARENA Simulation Results
IDEAPAD

Summary for Replication 1 of 3

Project: Percobaan 2
pesawat B 5%, pesawat C 70%, pesawat D 25%
parkir terisi 50%
batch kedatangan (1,10) batch keberangkatan (1,2)
Analyst: Rockwell Automation

Run execution date : 1/26/2017

Model revision date: 1/26/2017

Replication ended at time : 1.0 Hours
Base Time Units: Hours

TALLY VARIABLES

Identifiser	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
Entity 1.VATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	99
Entity 1.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	99
Entity 1.WaitTime	.07332	(Insuf)	6.0923E-04	.59497	99
Entity 1.TranTime	.02749	(Insuf)	.00000	.24528	99
Entity 1.OtherTime	.01344	(Insuf)	.00000	.09188	99
Entity 1.TotalTime	.11259	(Insuf)	6.0923E-04	.78726	99
Hold 3.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 32.Queue.WaitingTime	.05888	(Insuf)	.00943	.11562	9
Batch 2.Queue.WaitingTime	.00706	(Insuf)	.00000	.06444	21
Hold 4.Queue.WaitingTime	.02254	(Insuf)	8.2720E-04	.05486	40
Hold 26.Queue.WaitingTime	.02078	(Insuf)	.02078	.02078	1
Hold 5.Queue.WaitingTime	.01835	(Insuf)	.00217	.03961	17
Hold 34.Queue.WaitingTime	9.1315E-12	(Insuf)	9.1315E-12	9.1315E-12	1
Hold 27.Queue.WaitingTime	.01490	(Insuf)	6.0923E-04	.03694	13
Hold 22.Queue.WaitingTime	.00918	(Insuf)	7.7779E-04	.02298	21
Hold 30.Queue.WaitingTime	.08658	(Insuf)	.01893	.16333	27
Hold 6.Queue.WaitingTime	1.5477E-13	(Insuf)	.00000	9.1315E-12	59
HOLDING APRON.Queue.WaitingTime	.15493	(Insuf)	.01743	.32187	20
Hold 23.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0

Hold 31.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 28.Queue.WaitingTime	.01401	(Insuf)	.00189	.04094	8
Batch 1.Queue.WaitingTime	.03996	(Insuf)	.00000	.14306	57
Hold 24.Queue.WaitingTime	.00863	(Insuf)	.00449	.01468	4
HOLDING AREA.Queue.WaitingTime	.02860	(Insuf)	.00371	.07009	25
Hold 29.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	22

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
Entity 1.WIP	66.346	(Insuf)	.00000	93.000	93.000
Hold 3.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 32.Queue.NumberInQueue	.52990	(Insuf)	.00000	7.0000	.00000
Batch 2.Queue.NumberInQueue	.57573	(Insuf)	.00000	2.0000	1.0000
Hold 4.Queue.NumberInQueue	.93942	(Insuf)	.00000	2.0000	1.0000
Hold 26.Queue.NumberInQueue	.02078	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 5.Queue.NumberInQueue	.31194	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 34.Queue.NumberInQueue	9.1315E-12	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 27.Queue.NumberInQueue	.19375	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 22.Queue.NumberInQueue	.19268	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 30.Queue.NumberInQueue	2.3377	(Insuf)	.00000	10.000	.00000
Hold 6.Queue.NumberInQueue	9.1315E-12	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
HOLDING APRON.Queue.NumberInQueue	3.0985	(Insuf)	.00000	8.0000	.00000
Hold 23.Queue.NumberInQueue	.81059	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
Hold 31.Queue.NumberInQueue	.84396	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
Hold 28.Queue.NumberInQueue	.11206	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Batch 1.Queue.NumberInQueue	2.3150	(Insuf)	.00000	8.0000	1.0000
Hold 24.Queue.NumberInQueue	.03454	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
HOLDING AREA.Queue.NumberInQueue	.71496	(Insuf)	.00000	5.0000	.00000
Hold 29.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000

COUNTERS

Identifier	Count	Limit
Penggunaan Kedatangan	30	Infinite
Penggunaan Keberangkatan	20	Infinite

OUTPUTS

Identifier	Value
------------	-------

Entity 1.NumberIn	213.00
Entity 1.NumberOut	120.00
System.NumberOut	99.000

Beginning replication 2 of 3

ARENA Simulation Results IDEAPAD

Summary for Replication 2 of 3

Project: Unnamed Project
Analyst: Rockwell Automation

Run execution date : 1/26/2017
Model revision date: 1/26/2017

Replication ended at time : 1.0 Hours
Base Time Units: Hours

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
Entity 1.VATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	104
Entity 1.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	104
Entity 1.WaitTime	.05920	(Insuf)	.00000	.54082	104
Entity 1.TranTime	.02902	(Insuf)	.00000	.27083	104
Entity 1.OtherTime	.01398	(Insuf)	.00000	.10833	104
Entity 1.TotalTime	.09472	(Insuf)	.00158	.68628	104
Hold 3.Queue.WaitingTime	.02874	(Insuf)	.02500	.03247	2
Hold 32.Queue.WaitingTime	.07351	(Insuf)	.02961	.13844	11
Batch 2.Queue.WaitingTime	.00752	(Insuf)	.00000	.07278	23
Hold 4.Queue.WaitingTime	.02166	(Insuf)	.00158	.04433	39
Hold 26.Queue.WaitingTime	.02624	(Insuf)	.02624	.02624	1
Hold 5.Queue.WaitingTime	.02685	(Insuf)	.00175	.10517	19
Hold 34.Queue.WaitingTime	5.9262E-12	(Insuf)	5.9262E-12	5.9262E-12	1
Hold 27.Queue.WaitingTime	.01552	(Insuf)	.00353	.04167	15
Hold 22.Queue.WaitingTime	.01014	(Insuf)	.00124	.02080	25
Hold 30.Queue.WaitingTime	.09663	(Insuf)	.00510	.18533	33

Hold 6.Queue.WaitingTime	9.4067E-14	(Insuf)	.00000	5.9262E-12	63
HOLDING APRON.Queue.WaitingTime	.01537	(Insuf)	.00163	.03620	12
Hold 23.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 31.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 28.Queue.WaitingTime	.01867	(Insuf)	.00286	.03620	7
Batch 1.Queue.WaitingTime	.03483	(Insuf)	.00000	.09910	62
Hold 24.Queue.WaitingTime	.01910	(Insuf)	1.1892E-04	.03046	6
HOLDING AREA.Queue.WaitingTime	.01288	(Insuf)	.00286	.03056	11
Hold 29.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	22

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifiser	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
Entity 1.WIP	52.152	(Insuf)	.00000	90.000	90.000
Hold 3.Queue.NumberInQueue	.05747	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 32.Queue.NumberInQueue	.80864	(Insuf)	.00000	6.0000	.00000
Batch 2.Queue.NumberInQueue	.17306	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 4.Queue.NumberInQueue	.87623	(Insuf)	.00000	2.0000	1.0000
Hold 26.Queue.NumberInQueue	.02624	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 5.Queue.NumberInQueue	.52014	(Insuf)	.00000	2.0000	1.0000
Hold 34.Queue.NumberInQueue	5.9263E-12	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 27.Queue.NumberInQueue	.23280	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 22.Queue.NumberInQueue	.25343	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 30.Queue.NumberInQueue	3.1887	(Insuf)	.00000	12.000	.00000
Hold 6.Queue.NumberInQueue	5.9263E-12	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
HOLDING APRON.Queue.NumberInQueue	.18441	(Insuf)	.00000	3.0000	.00000
Hold 23.Queue.NumberInQueue	.14888	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
Hold 31.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 28.Queue.NumberInQueue	.13071	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Batch 1.Queue.NumberInQueue	2.1594	(Insuf)	.00000	9.0000	.00000
Hold 24.Queue.NumberInQueue	.11459	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
HOLDING AREA.Queue.NumberInQueue	.17185	(Insuf)	.00000	3.0000	3.0000
Hold 29.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000

COUNTERS

Identifiser	Count	Limit
-------------	-------	-------

Penggunaan Kedatangan

24 Infinite

Penggunaan Keberangkatan

21 Infinite

OUTPUTS

Identifier

Value

Entity 1.NumberIn	217.00
Entity 1.NumberOut	127.00
System.NumberOut	104.00

Beginning replication 3 of 3

ARENA Simulation Results
IDEAPAD

Summary for Replication 3 of 3

Project: Unnamed Project
Analyst: Rockwell Automation

Run execution date : 1/26/2017
Model revision date: 1/26/2017

Replication ended at time : 1.0 Hours
Base Time Units: Hours

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
Entity 1.VATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	103
Entity 1.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	103
Entity 1.WaitTime	.06061	(Insuf)	.00000	.65259	103
Entity 1.TranTime	.02852	(Insuf)	.00000	.27083	103
Entity 1.OtherTime	.01416	(Insuf)	.00000	.14398	103
Entity 1.TotalTime	.09708	(Insuf)	1.9271E-04	.65959	103
Hold 3.Queue.WaitingTime	.02795	(Insuf)	.02795	.02795	1
Hold 32.Queue.WaitingTime	.02004	(Insuf)	.01250	.04583	6
Batch 2.Queue.WaitingTime	.00397	(Insuf)	.00000	.02500	23
Hold 4.Queue.WaitingTime	.02576	(Insuf)	5.1143E-04	.07406	41
Hold 26.Queue.WaitingTime	.01908	(Insuf)	.01908	.01908	1
Hold 5.Queue.WaitingTime	.02052	(Insuf)	.00535	.04825	17
Hold 34.Queue.WaitingTime	6.5134E-12	(Insuf)	6.5134E-12	6.5134E-12	1

Hold 27.Queue.WaitingTime	.01437	(Insuf)	8.0035E-04	.04295	19
Hold 22.Queue.WaitingTime	.00410	(Insuf)	8.0635E-05	.01500	20
Hold 30.Queue.WaitingTime	.05322	(Insuf)	1.5127E-04	.12016	28
Hold 6.Queue.WaitingTime	1.0339E-13	(Insuf)	.00000	6.5134E-12	63
HOLDING APRON.Queue.WaitingTime	.14752	(Insuf)	.03142	.27111	19
Hold 23.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 31.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 28.Queue.WaitingTime	.00417	(Insuf)	1.9271E-04	.00797	3
Batch 1.Queue.WaitingTime	.03100	(Insuf)	.00000	.09744	60
Hold 24.Queue.WaitingTime	.01034	(Insuf)	.00178	.02977	7
HOLDING AREA.Queue.WaitingTime	.01117	(Insuf)	3.1011E-04	.03206	15
Hold 29.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	22

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifrier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
Entity 1.WIP	57.743	(Insuf)	.00000	89.000	88.000
Hold 3.Queue.NumberInQueue	.02795	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 32.Queue.NumberInQueue	.12025	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Batch 2.Queue.NumberInQueue	.09134	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 4.Queue.NumberInQueue	1.0646	(Insuf)	.00000	2.0000	1.0000
Hold 26.Queue.NumberInQueue	.01908	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 5.Queue.NumberInQueue	.34882	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 34.Queue.NumberInQueue	6.5135E-12	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 27.Queue.NumberInQueue	.27303	(Insuf)	.00000	3.0000	.00000
Hold 22.Queue.NumberInQueue	.08198	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 30.Queue.NumberInQueue	1.4903	(Insuf)	.00000	13.000	.00000
Hold 6.Queue.NumberInQueue	6.5135E-12	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
HOLDING APRON.Queue.NumberInQueue	2.8028	(Insuf)	.00000	11.000	.00000
Hold 23.Queue.NumberInQueue	.52029	(Insuf)	.00000	2.0000	2.0000
Hold 31.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 28.Queue.NumberInQueue	.01252	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Batch 1.Queue.NumberInQueue	1.8601	(Insuf)	.00000	6.0000	.00000
Hold 24.Queue.NumberInQueue	.07237	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
HOLDING AREA.Queue.NumberInQueue	.17579	(Insuf)	.00000	3.0000	1.0000
Hold 29.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000

COUNTERS

Identifrier	Count	Limit
-------------	-------	-------

Penggunaan Kedatangan	23	Infinite
Penggunaan Keberangkatan	21	Infinite

OUTPUTS

Identifier	Value
------------	-------

Entity 1.NumberIn	214.00
Entity 1.NumberOut	126.00
System.NumberOut	103.00

ARENA Simulation Results
IDEAPAD

Output Summary for 3 Replications

Project: Unnamed Project
Analyst: Rockwell Automation

Run execution date : 1/26/2017
Model revision date: 1/26/2017

OUTPUTS

Identifier	Average	Half-width	Minimum	Maximum	# Replications
Entity 1.NumberIn	214.66	5.1715	213.00	217.00	3
Entity 1.NumberOut	124.33	9.4055	120.00	127.00	3
System.NumberOut	102.00	6.5729	99.000	104.00	3

Simulation run time: 0.22 minutes.
Simulation run complete.

ARENA Simulation Results
IDEAPAD

Summary for Replication 1 of 3

Project: percobaan 3
pesawat B 2%, pesawat C 80%, pesawat D 18%
parkir terisi 30%
batch kedatangan (1,10) batch keberangkatan (1,5)
Analyst: Rockwell Automation

Run execution date : 1/26/2017

Model revision date: 1/26/2017

Replication ended at time : 1.0 Hours
Base Time Units: Hours

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
Entity 1.VATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	75
Entity 1.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	75
Entity 1.WaitTime	.04524	(Insuf)	8.1219E-04	.81613	75
Entity 1.TranTime	.02164	(Insuf)	.00000	.66056	75
Entity 1.OtherTime	.00948	(Insuf)	.00000	.30463	75
Entity 1.TotalTime	.03854	(Insuf)	8.1219E-04	.54265	75
Hold 3.Queue.WaitingTime	.03126	(Insuf)	.02400	.03962	3
Hold 32.Queue.WaitingTime	.06429	(Insuf)	.02810	.09258	4
Batch 2.Queue.WaitingTime	.04012	(Insuf)	.00000	.08944	13
Hold 4.Queue.WaitingTime	.02308	(Insuf)	8.1219E-04	.08541	46
Hold 26.Queue.WaitingTime	.00660	(Insuf)	.00660	.00660	1
Hold 5.Queue.WaitingTime	.01507	(Insuf)	.00288	.03224	8
Hold 34.Queue.WaitingTime	5.7724E-12	(Insuf)	5.7724E-12	5.7724E-12	1
Hold 27.Queue.WaitingTime	.01357	(Insuf)	.00415	.02389	8
Hold 22.Queue.WaitingTime	.00913	(Insuf)	6.6018E-05	.02732	34
Hold 30.Queue.WaitingTime	.05215	(Insuf)	.01194	.10139	29
Hold 6.Queue.WaitingTime	9.6206E-14	(Insuf)	.00000	5.7724E-12	60
HOLDING APRON.Queue.WaitingTime	.01502	(Insuf)	.00669	.02335	2

Hold 23.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 31.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 28.Queue.WaitingTime	.01474	(Insuf)	.00530	.03333	5
Batch 1.Queue.WaitingTime	.03441	(Insuf)	.00000	.13256	53
Hold 24.Queue.WaitingTime	.01787	(Insuf)	.01290	.02283	2
HOLDING AREA.Queue.WaitingTime	.01709	(Insuf)	.00264	.03389	13
Hold 29.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	13

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
Entity 1.WIP	49.984	(Insuf)	.00000	88.000	88.000
Hold 3.Queue.NumberInQueue	.09377	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 32.Queue.NumberInQueue	.25717	(Insuf)	.00000	3.0000	.00000
Batch 2.Queue.NumberInQueue	.94666	(Insuf)	.00000	5.0000	1.0000
Hold 4.Queue.NumberInQueue	1.0869	(Insuf)	.00000	2.0000	2.0000
Hold 26.Queue.NumberInQueue	.00660	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 5.Queue.NumberInQueue	.12054	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 34.Queue.NumberInQueue	5.7724E-12	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 27.Queue.NumberInQueue	.10857	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 22.Queue.NumberInQueue	.31127	(Insuf)	.00000	2.0000	1.0000
Hold 30.Queue.NumberInQueue	1.5124	(Insuf)	.00000	7.0000	.00000
Hold 6.Queue.NumberInQueue	5.7724E-12	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
HOLDING APRON.Queue.NumberInQueue	.03004	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 23.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 31.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 28.Queue.NumberInQueue	.07370	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Batch 1.Queue.NumberInQueue	2.0386	(Insuf)	.00000	6.0000	6.0000
Hold 24.Queue.NumberInQueue	.03573	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
HOLDING AREA.Queue.NumberInQueue	.22223	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 29.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000

COUNTERS

Identifier	Count	Limit
Penggunaan Kedatangan	24	Infinite
Penggunaan Keberangkatan	4	Infinite

OUTPUTS

Identifier	Value
Entity 1.NumberIn	176.00
Entity 1.NumberOut	88.000
System.NumberOut	75.000

Beginning replication 2 of 3

ARENA Simulation Results IDEAPAD

Summary for Replication 2 of 3

Project: Unnamed Project
Analyst: Rockwell Automation

Run execution date : 1/26/2017
Model revision date: 1/26/2017

Replication ended at time : 1.0 Hours
Base Time Units: Hours

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
Entity 1.VATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	88
Entity 1.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	88
Entity 1.WaitTime	.03416	(Insuf)	.00000	.40567	88
Entity 1.TranTime	.01924	(Insuf)	.00000	.27083	88
Entity 1.OtherTime	.00967	(Insuf)	.00000	.15862	88
Entity 1.TotalTime	.05334	(Insuf)	1.6896E-05	.43961	88
Hold 3.Queue.WaitingTime	.03114	(Insuf)	.03114	.03114	1
Hold 32.Queue.WaitingTime	.05905	(Insuf)	.01250	.11510	8
Batch 2.Queue.WaitingTime	.01179	(Insuf)	.00000	.04609	13
Hold 4.Queue.WaitingTime	.02498	(Insuf)	8.1289E-04	.06584	47
Hold 26.Queue.WaitingTime	.02257	(Insuf)	.02257	.02257	1
Hold 5.Queue.WaitingTime	.02213	(Insuf)	1.6896E-05	.06967	16
Hold 34.Queue.WaitingTime	3.7028E-12	(Insuf)	3.7028E-12	3.7028E-12	1
Hold 27.Queue.WaitingTime	.01457	(Insuf)	.00448	.03694	7
Hold 22.Queue.WaitingTime	.00685	(Insuf)	1.0841E-04	.02454	29

Hold 30.Queue.WaitingTime	.03709	(Insuf)	.00621	.07935	20
Hold 6.Queue.WaitingTime	5.6102E-14	(Insuf)	.00000	3.7028E-12	66
HOLDING APRON.Queue.WaitingTime	.02965	(Insuf)	.01667	.04944	4
Hold 23.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 31.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 28.Queue.WaitingTime	.01553	(Insuf)	.00391	.02280	6
Batch 1.Queue.WaitingTime	.04107	(Insuf)	.00000	.10735	61
Hold 24.Queue.WaitingTime	.00997	(Insuf)	8.4460E-04	.02184	5
HOLDING AREA.Queue.WaitingTime	.01429	(Insuf)	.00192	.02831	8
Hold 29.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	13

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
Entity 1.WIP	48.155	(Insuf)	.00000	88.000	87.000
Hold 3.Queue.NumberInQueue	.03114	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 32.Queue.NumberInQueue	.47240	(Insuf)	.00000	5.0000	.00000
Batch 2.Queue.NumberInQueue	.70424	(Insuf)	.00000	3.0000	1.0000
Hold 4.Queue.NumberInQueue	1.1861	(Insuf)	.00000	2.0000	2.0000
Hold 26.Queue.NumberInQueue	.02257	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 5.Queue.NumberInQueue	.35413	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 34.Queue.NumberInQueue	3.7028E-12	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 27.Queue.NumberInQueue	.10196	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 22.Queue.NumberInQueue	.19859	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 30.Queue.NumberInQueue	.74172	(Insuf)	.00000	5.0000	.00000
Hold 6.Queue.NumberInQueue	3.7028E-12	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
HOLDING APRON.Queue.NumberInQueue	.11861	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 23.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 31.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 28.Queue.NumberInQueue	.09316	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Batch 1.Queue.NumberInQueue	2.6057	(Insuf)	.00000	9.0000	5.0000
Hold 24.Queue.NumberInQueue	.04984	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
HOLDING AREA.Queue.NumberInQueue	.11435	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 29.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000

COUNTERS

Identifier	Count	Limit
------------	-------	-------

Penggunaan Kedatangan	17	Infinite
Penggunaan Keberangkatan	10	Infinite

OUTPUTS

Identifiser	Value
Entity 1.NumberIn	188.00
Entity 1.NumberOut	101.00
System.NumberOut	88.000

Beginning replication 3 of 3

ARENA Simulation Results IDEAPAD

Summary for Replication 3 of 3

Project: Unnamed Project
Analyst: Rockwell Automation

Run execution date : 1/26/2017
Model revision date: 1/26/2017

Replication ended at time : 1.0 Hours
Base Time Units: Hours

TALLY VARIABLES

Identifiser	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
Entity 1.VATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	81
Entity 1.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	81
Entity 1.WaitTime	.03520	(Insuf)	2.4461E-04	.73421	81
Entity 1.TranTime	.02094	(Insuf)	.00000	.54528	81
Entity 1.OtherTime	.00794	(Insuf)	.00000	.27351	81
Entity 1.TotalTime	.03404	(Insuf)	2.4461E-04	.37434	81
Hold 3.Queue.WaitingTime	.02078	(Insuf)	.02000	.02157	2
Hold 32.Queue.WaitingTime	.03179	(Insuf)	.00697	.05084	7
Batch 2.Queue.WaitingTime	.03130	(Insuf)	.00000	.08222	13
Hold 4.Queue.WaitingTime	.02438	(Insuf)	2.4461E-04	.07690	49
Hold 26.Queue.WaitingTime	.02555	(Insuf)	.02555	.02555	1
Hold 5.Queue.WaitingTime	.01130	(Insuf)	5.0399E-04	.02336	12

Hold 34.Queue.WaitingTime	3.6813E-12	(Insuf)	3.6813E-12	3.6813E-12	1
Hold 27.Queue.WaitingTime	.01355	(Insuf)	.01194	.01667	7
Hold 22.Queue.WaitingTime	.00880	(Insuf)	3.8943E-05	.02616	31
Hold 30.Queue.WaitingTime	.04697	(Insuf)	.00254	.08222	16
Hold 6.Queue.WaitingTime	5.6635E-14	(Insuf)	.00000	3.6813E-12	65
HOLDING APRON.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 23.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 31.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 28.Queue.WaitingTime	.03019	(Insuf)	.00666	.05555	6
Batch 1.Queue.WaitingTime	.03313	(Insuf)	.00000	.11387	65
Hold 24.Queue.WaitingTime	.00510	(Insuf)	.00131	.00903	4
HOLDING AREA.Queue.WaitingTime	.02267	(Insuf)	.00361	.05011	14
Hold 29.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	13

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
Entity 1.WIP	51.550	(Insuf)	.00000	97.000	97.000
Hold 3.Queue.NumberInQueue	.04157	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 32.Queue.NumberInQueue	.22254	(Insuf)	.00000	4.0000	.00000
Batch 2.Queue.NumberInQueue	1.0242	(Insuf)	.00000	4.0000	1.0000
Hold 4.Queue.NumberInQueue	1.2113	(Insuf)	.00000	3.0000	2.0000
Hold 26.Queue.NumberInQueue	.02555	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 5.Queue.NumberInQueue	.13556	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 34.Queue.NumberInQueue	3.6813E-12	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 27.Queue.NumberInQueue	.09488	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 22.Queue.NumberInQueue	.27279	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 30.Queue.NumberInQueue	.75150	(Insuf)	.00000	5.0000	.00000
Hold 6.Queue.NumberInQueue	3.6813E-12	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
HOLDING APRON.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 23.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 31.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 28.Queue.NumberInQueue	.18112	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Batch 1.Queue.NumberInQueue	2.1532	(Insuf)	.00000	8.0000	.00000
Hold 24.Queue.NumberInQueue	.02039	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
HOLDING AREA.Queue.NumberInQueue	.31741	(Insuf)	.00000	4.0000	.00000
Hold 29.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000

COUNTERS

Identifier	Count	Limit
Penggunaan Kedatangan	28	Infinite
Penggunaan Keberangkatan	4	Infinite

OUTPUTS

Identifier	Value
Entity 1.NumberIn	191.00
Entity 1.NumberOut	94.000
System.NumberOut	81.000

ARENA Simulation Results IDEAPAD

Output Summary for 3 Replications

Project: Unnamed Project
Analyst: Rockwell Automation

Run execution date : 1/26/2017
Model revision date: 1/26/2017

OUTPUTS

Identifier	Average	Half-width	Minimum	Maximum	# Replications
Entity 1.NumberIn	185.00	19.718	176.00	191.00	3
Entity 1.NumberOut	94.333	16.164	88.000	101.00	3
System.NumberOut	81.333	16.164	75.000	88.000	3

Simulation run time: 0.27 minutes.
Simulation run complete.

ARENA Simulation Results
IDEAPAD

Summary for Replication 1 of 3

Project: percobaan 4
pesawat B 2%, pesawat C 80%, pesawat D 18%
parkir terisi 50%
batch kedatangan (1,10) batch keberangkatan (1,5)
Analyst: Rockwell Automation

Run execution date : 1/26/2017

Model revision date: 1/26/2017

Replication ended at time : 1.0 Hours
Base Time Units: Hours

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
Entity 1.VATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	94
Entity 1.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	94
Entity 1.WaitTime	.05874	(Insuf)	6.8720E-04	1.5612	94
Entity 1.TranTime	.02868	(Insuf)	.00000	.38250	94
Entity 1.OtherTime	.01324	(Insuf)	.00000	.18908	94
Entity 1.TotalTime	.06781	(Insuf)	6.8720E-04	.76938	94
Hold 3.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 32.Queue.WaitingTime	.05506	(Insuf)	.00943	.09478	10
Batch 2.Queue.WaitingTime	.03054	(Insuf)	.00000	.13833	21
Hold 4.Queue.WaitingTime	.02183	(Insuf)	7.9001E-04	.08075	45
Hold 26.Queue.WaitingTime	.02078	(Insuf)	.02078	.02078	1
Hold 5.Queue.WaitingTime	.01983	(Insuf)	6.8720E-04	.06579	15
Hold 34.Queue.WaitingTime	9.1315E-12	(Insuf)	9.1315E-12	9.1315E-12	1
Hold 27.Queue.WaitingTime	.01669	(Insuf)	.00283	.05381	13
Hold 22.Queue.WaitingTime	.00865	(Insuf)	4.3001E-04	.02215	31
Hold 30.Queue.WaitingTime	.07559	(Insuf)	.01194	.15500	36
Hold 6.Queue.WaitingTime	1.4970E-13	(Insuf)	.00000	9.1315E-12	61
HOLDING APRON.Queue.WaitingTime	.04677	(Insuf)	.00143	.07933	10
Hold 23.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0

Hold 31.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 28.Queue.WaitingTime	.01861	(Insuf)	.00428	.03333	8
Batch 1.Queue.WaitingTime	.03150	(Insuf)	.00000	.08750	58
Hold 24.Queue.WaitingTime	.00657	(Insuf)	7.0366E-04	.01903	5
HOLDING AREA.Queue.WaitingTime	.03667	(Insuf)	.00150	.09722	21
Hold 29.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	22

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
Entity 1.WIP	60.961	(Insuf)	.00000	95.000	94.000
Hold 3.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 32.Queue.NumberInQueue	.55062	(Insuf)	.00000	7.0000	.00000
Batch 2.Queue.NumberInQueue	.96135	(Insuf)	.00000	5.0000	1.0000
Hold 4.Queue.NumberInQueue	.98930	(Insuf)	.00000	2.0000	1.0000
Hold 26.Queue.NumberInQueue	.02078	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 5.Queue.NumberInQueue	.29744	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 34.Queue.NumberInQueue	9.1315E-12	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 27.Queue.NumberInQueue	.21691	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 22.Queue.NumberInQueue	.26807	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 30.Queue.NumberInQueue	2.7213	(Insuf)	.00000	10.000	.00000
Hold 6.Queue.NumberInQueue	9.1315E-12	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
HOLDING APRON.Queue.NumberInQueue	.46767	(Insuf)	.00000	4.0000	.00000
Hold 23.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 31.Queue.NumberInQueue	.84396	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
Hold 28.Queue.NumberInQueue	.14889	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Batch 1.Queue.NumberInQueue	1.9195	(Insuf)	.00000	7.0000	3.0000
Hold 24.Queue.NumberInQueue	.03283	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
HOLDING AREA.Queue.NumberInQueue	.77010	(Insuf)	.00000	6.0000	.00000
Hold 29.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000

COUNTERS

Identifier	Count	Limit
Penggunaan Kedatangan	29	Infinite
Penggunaan Keberangkatan	12	Infinite

OUTPUTS

Identifier	Value
------------	-------

Entity 1.NumberIn	209.00
Entity 1.NumberOut	115.00
System.NumberOut	94.000

Beginning replication 2 of 3

ARENA Simulation Results IDEAPAD

Summary for Replication 2 of 3

Project: Unnamed Project
Analyst: Rockwell Automation

Run execution date : 1/26/2017
Model revision date: 1/26/2017

Replication ended at time : 1.0 Hours
Base Time Units: Hours

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
Entity 1.VATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	94
Entity 1.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	94
Entity 1.WaitTime	.04968	(Insuf)	3.1462E-04	1.1794	94
Entity 1.TranTime	.02661	(Insuf)	.00000	.40444	94
Entity 1.OtherTime	.01143	(Insuf)	.00000	.16566	94
Entity 1.TotalTime	.05650	(Insuf)	3.1462E-04	.58955	94
Hold 3.Queue.WaitingTime	.02000	(Insuf)	.02000	.02000	1
Hold 32.Queue.WaitingTime	.05060	(Insuf)	.00999	.07830	7
Batch 2.Queue.WaitingTime	.03198	(Insuf)	.00000	.10972	19
Hold 4.Queue.WaitingTime	.02089	(Insuf)	3.6960E-04	.04645	50
Hold 26.Queue.WaitingTime	.02086	(Insuf)	.02086	.02086	1
Hold 5.Queue.WaitingTime	.01437	(Insuf)	.00132	.03864	9
Hold 34.Queue.WaitingTime	5.9262E-12	(Insuf)	5.9262E-12	5.9262E-12	1
Hold 27.Queue.WaitingTime	.01941	(Insuf)	.01194	.02861	15
Hold 22.Queue.WaitingTime	.00829	(Insuf)	3.0184E-04	.02339	35
Hold 30.Queue.WaitingTime	.10462	(Insuf)	.01194	.17889	36

Hold 6.Queue.WaitingTime	9.7151E-14	(Insuf)	.00000	5.9262E-12	61
HOLDING APRON.Queue.WaitingTime	.03431	(Insuf)	.01413	.06444	8
Hold 23.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 31.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 28.Queue.WaitingTime	.00868	(Insuf)	3.1462E-04	.03476	7
Batch 1.Queue.WaitingTime	.03517	(Insuf)	.00000	.13833	59
Hold 24.Queue.WaitingTime	.00801	(Insuf)	.00754	.00848	2
HOLDING AREA.Queue.WaitingTime	.01271	(Insuf)	.00201	.03111	15
Hold 29.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	22

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifiser	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
Entity 1.WIP	56.408	(Insuf)	.00000	90.000	89.000
Hold 3.Queue.NumberInQueue	.02000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 32.Queue.NumberInQueue	.35417	(Insuf)	.00000	5.0000	.00000
Batch 2.Queue.NumberInQueue	1.9846	(Insuf)	.00000	4.0000	4.0000
Hold 4.Queue.NumberInQueue	1.0584	(Insuf)	.00000	2.0000	1.0000
Hold 26.Queue.NumberInQueue	.02086	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 5.Queue.NumberInQueue	.12935	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 34.Queue.NumberInQueue	5.9263E-12	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 27.Queue.NumberInQueue	.29118	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 22.Queue.NumberInQueue	.29007	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 30.Queue.NumberInQueue	3.7662	(Insuf)	.00000	12.000	.00000
Hold 6.Queue.NumberInQueue	5.9263E-12	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
HOLDING APRON.Queue.NumberInQueue	.27445	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 23.Queue.NumberInQueue	.00524	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
Hold 31.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 28.Queue.NumberInQueue	.06073	(Insuf)	.00000	3.0000	.00000
Batch 1.Queue.NumberInQueue	2.1169	(Insuf)	.00000	7.0000	2.0000
Hold 24.Queue.NumberInQueue	.01602	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
HOLDING AREA.Queue.NumberInQueue	.19059	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 29.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000

COUNTERS

Identifiser	Count	Limit
-------------	-------	-------

Penggunaan Kedatangan

22 Infinite

Penggunaan Keberangkatan

11 Infinite

OUTPUTS

Identifier

Value

Entity 1.NumberIn	202.00
Entity 1.NumberOut	113.00
System.NumberOut	94.000

Beginning replication 3 of 3

ARENA Simulation Results
IDEAPAD

Summary for Replication 3 of 3

Project: Unnamed Project
Analyst: Rockwell Automation

Run execution date : 1/26/2017
Model revision date: 1/26/2017

Replication ended at time : 1.0 Hours
Base Time Units: Hours

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
Entity 1.VATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	96
Entity 1.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	96
Entity 1.WaitTime	.07224	(Insuf)	.00000	1.0119	96
Entity 1.TranTime	.02774	(Insuf)	.00000	.54167	96
Entity 1.OtherTime	.01374	(Insuf)	.00000	.26251	96
Entity 1.TotalTime	.08482	(Insuf)	1.7894E-04	.78383	96
Hold 3.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 32.Queue.WaitingTime	.04143	(Insuf)	.00555	.08510	7
Batch 2.Queue.WaitingTime	.03759	(Insuf)	.00000	.15028	21
Hold 4.Queue.WaitingTime	.02039	(Insuf)	.01051	.04113	50
Hold 26.Queue.WaitingTime	.02934	(Insuf)	.02934	.02934	1
Hold 5.Queue.WaitingTime	.01474	(Insuf)	.00143	.02638	9
Hold 34.Queue.WaitingTime	6.5134E-12	(Insuf)	6.5134E-12	6.5134E-12	1

Hold 27.Queue.WaitingTime	.02183	(Insuf)	.00232	.04675	14
Hold 22.Queue.WaitingTime	.01038	(Insuf)	2.6681E-04	.02334	42
Hold 30.Queue.WaitingTime	.09474	(Insuf)	.00626	.16244	50
Hold 6.Queue.WaitingTime	1.0856E-13	(Insuf)	.00000	6.5134E-12	60
HOLDING APRON.Queue.WaitingTime	.06328	(Insuf)	.00715	.14899	13
Hold 23.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 31.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Hold 28.Queue.WaitingTime	.01473	(Insuf)	1.7894E-04	.04768	8
Batch 1.Queue.WaitingTime	.02981	(Insuf)	.00000	.14778	59
Hold 24.Queue.WaitingTime	.01597	(Insuf)	.01423	.01770	2
HOLDING AREA.Queue.WaitingTime	.02114	(Insuf)	4.8278E-04	.05454	27
Hold 29.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	22

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
Entity 1.WIP	64.682	(Insuf)	.00000	100.00	99.000
Hold 3.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 32.Queue.NumberInQueue	.28998	(Insuf)	.00000	5.0000	.00000
Batch 2.Queue.NumberInQueue	1.1153	(Insuf)	.00000	4.0000	2.0000
Hold 4.Queue.NumberInQueue	1.0192	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 26.Queue.NumberInQueue	.02934	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 5.Queue.NumberInQueue	.14778	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
Hold 34.Queue.NumberInQueue	6.5135E-12	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 27.Queue.NumberInQueue	.30564	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 22.Queue.NumberInQueue	.43576	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Hold 30.Queue.NumberInQueue	4.7370	(Insuf)	.00000	12.000	.00000
Hold 6.Queue.NumberInQueue	6.5135E-12	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
HOLDING APRON.Queue.NumberInQueue	.82269	(Insuf)	.00000	3.0000	.00000
Hold 23.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 31.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 28.Queue.NumberInQueue	.11786	(Insuf)	.00000	3.0000	.00000
Batch 1.Queue.NumberInQueue	1.7740	(Insuf)	.00000	7.0000	1.0000
Hold 24.Queue.NumberInQueue	.03193	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
HOLDING AREA.Queue.NumberInQueue	.65053	(Insuf)	.00000	4.0000	2.0000
Hold 29.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000

COUNTERS

Identifier	Count	Limit
------------	-------	-------

Penggunaan Kedatangan	35	Infinite
Penggunaan Keberangkatan	14	Infinite

OUTPUTS

Identifier	Value
------------	-------

Entity 1.NumberIn	216.00
Entity 1.NumberOut	117.00
System.NumberOut	96.000

ARENA Simulation Results
IDEAPAD

Output Summary for 3 Replications

Project: Unnamed Project
Analyst: Rockwell Automation

Run execution date : 1/26/2017
Model revision date: 1/26/2017

OUTPUTS

Identifier	Average	Half-width	Minimum	Maximum	# Replications
Entity 1.NumberIn	209.00	17.390	202.00	216.00	3
Entity 1.NumberOut	115.00	4.9686	113.00	117.00	3
System.NumberOut	94.666	2.8686	94.000	96.000	3

Simulation run time: 0.22 minutes.
Simulation run complete.